



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

**Forundersøgelser og teknologiafprøvning til forbedret vandkvalitet og indeklima for svømmebade og badelande**

*Case Lalandia Rødby : Indledende hot-spot-analyse af indeklimaet og ventilationssystemerne*

Jensen, Rasmus Lund; Nørgaard, Jesper

*Publication date:*  
2009

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, R. L., & Nørgaard, J. (2009). *Forundersøgelser og teknologiafprøvning til forbedret vandkvalitet og indeklima for svømmebade og badelande: Case Lalandia Rødby : Indledende hot-spot-analyse af indeklimaet og ventilationssystemerne*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 68

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Forundersøgelser og teknologiprøvning til forbedret vandkvalitet og indeklima for svømmebade og badelande - Case Lalandia Rødby



## *Indledende hot-spot-analyse af indeklimaet og ventilationssystemerne*

Rasmus L. Jensen  
Jesper Nørgaard



Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Indeklima & Energi

DCE Technical Report No. 68

**Forundersøgelser og teknologiafprøvning til  
forbedret vandkvalitet og indeklima for  
svømmebade og badelande  
- Case Lalandia Rødby**

***Indledende hot-spot-analyse af  
indeklimaet og ventilationssystemerne***

af

Rasmus L. Jensen  
Jesper Nørgaard

November 2009



## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2009 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 68

# Indholdsfortegnelse

Indledning.....	1
Et typisk døgn i badelandet.....	1
Mulighed for placering af udstyr.....	2
Konklusion.....	3
Præsentation af badeland.....	5
Rundtur i badelandet.....	5
Tekniske installationer.....	11
Bassinerne.....	11
Ventilation.....	12
Regulering.....	14
Armaturer.....	14
Vejrstation.....	16
Måleudstyr.....	17
Indeklimamåling.....	18
Placering af følere.....	18
Resultater – indeklimamåling.....	27
Sporgasmålinger.....	36
Placering af målepunkter.....	36
Resultater – sporgasmåling.....	43
Lufthastighed.....	45
Resultater – lufthastighed.....	58



# Indledning

---

Lalandia er med sine 25.000 m<sup>2</sup> Danmarks største feriecenter. Det er samtidig yderst moderne med 2 biografale, en skøjtehal, stort legeland, et væld af restauranter og ikke mindst et stort, tropisk badeland. Denne rapport omhandler udelukkende målinger i badelandets 1. sal.

Rapporten indeholder udover denne indledning en konklusion, en beskrivelse af badelandet, samt et kapitel omhandlende det måleudstyr der er blevet benyttet. Derefter følger et kapitel for hver af de gennemførte målinger (indeklima, sporgas og lufthastighed).

Målingerne er gennemført d. 15-17 maj 2009 (fredag til søndag).

Arealet på 1. sal er ca. 3.500 m<sup>2</sup> med et anslået volumen på ca. 20 - 22.000 m<sup>3</sup>. Med en ventilationsmængde på ca. 79.400 m<sup>3</sup>/h giver det et luftskifte på ca. 4 h<sup>-1</sup>.

Som det ses af oversigtsplanen og billede præsentationen er badelandet stort. Det gør det praktisk talt umuligt at lave dybdegående analyser af hele badelandets indeklima. Ved måling af de ovenfor nævnte parametre, er der således udvalgt nogle områder og fokuspunkter.

Det er valgt at rette fokus mod området omkring børnebassinet. Her er der mange mennesker samlet om den aktivitet der sker. Samtidig er der i området omkring såvel mulighed for ophold af stillesiddende karakter samt høj aktivitet i forbindelse med bestræbelserne på at nå hurtigt op til rutsjebanerne i grotten. Netop ved grotten er der ligeledes mulighed for målinger ved boblebadene og endelig foregår meget af indblæsningen af ventilationsluft i området. Forsyningen af luftmængder sker fra det største af de i alt 4 ventilationsanlæg.

Foruden dette område er der ved forskellige punktmålinger rettet fokus på arbejdsstationer, så forholdene for badelandets ansatte kan blive belyst. Det gælder f.eks. på livredderbroen og i kioskerne. Derudover er det forsøgt at dække badelandet jævnt med følere til registrering af indeklimaet (temperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> niveau).

## Et typisk døgn i badelandet

Generelt er der åbent i badelandet hver dag hele året. Der er dog lukket en kortere periode omkring jul for at kunne servicere de tekniske installationer. På en typisk dag åbner badelandet kl. 9:00 og lukker kl. 20:00. Antallet af gæster varierer naturligvis henover året og henover dagen, men der er generelt altid et stort antal mennesker. På måletidspunktet var systemet til registrering af antallet af personer desværre ude af funktion og det har derfor ikke været muligt at få det præcise antal personer oplyst.

Når badelandet lukker starter rengøringen. Hele badelandet indsæbes og højtryksrenses. Dette tager det meste af natten list varierende efter hvor mange der er til rengøringen.

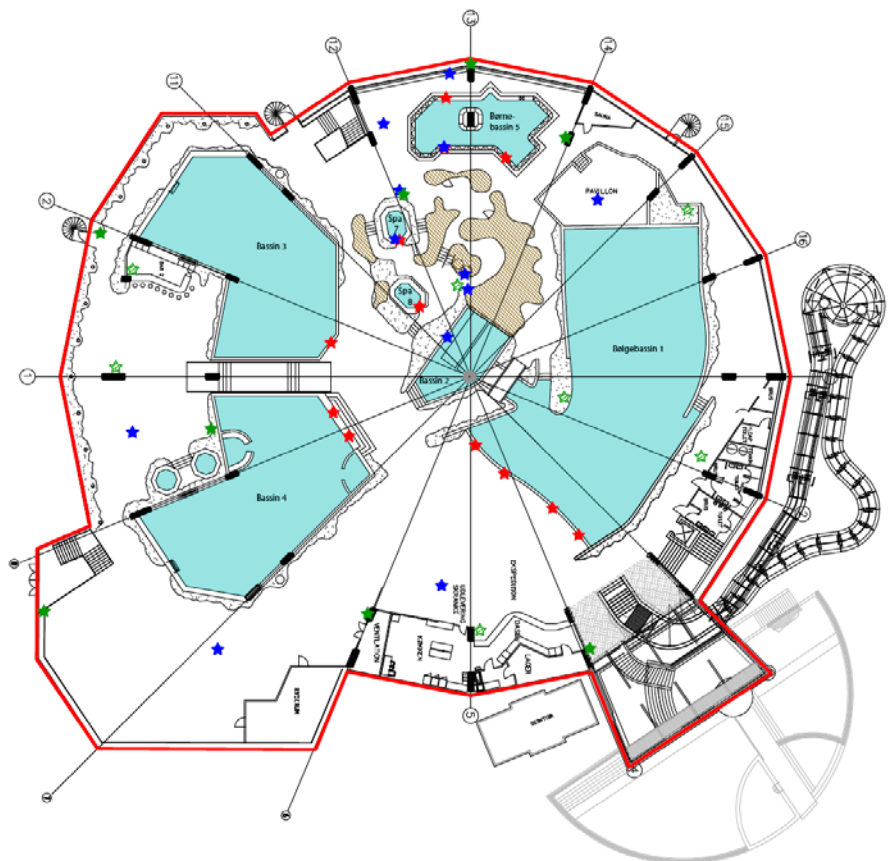
## Mulighed for placering af udstyr

Der er som tidligere omtalt foretaget tre typer af målinger. Indeklimamålingerne er foretaget henover åbningstiden, mens måling af lufthastighed og med sporgas er foretaget uden for åbningstiden, da udstyret ville genere brugen af badelandet og risikoen for at det ville blive beskadiget var for stor.

For følerne til måling af indeklima var det derfor nødvendigt at de kunne placeres uden gene for gæsterne og personalet og sådan at det ikke ville blive beskadiget ved normalt brug af badelandet. Til målingen af indeklimaet blev der benyttet følere der sendte målingerne trådløst til dataloggeren. Der blev anvendt to typer følere, hvor den ene kunne måle temperatur og luftfugtighed og den anden tillige CO<sub>2</sub> niveau. Følerne der kunne måle CO<sub>2</sub> niveau skulle tilsluttes strøm hvor i mod den anden type kunne køre på batteri. Følerne med CO<sub>2</sub> kunne dog måle knap 1 døgn på batteri. Ved placeringen af følerne blev det desuden forsøgt at placere dem så diskret som muligt, dels for at gæsterne ikke skulle undre og dels for at de ikke skulle påvirke målingerne ved at opholde sig ekstraordinært meget omkring følerne.

For placering af udstyret til måling af lufthastighed og sporgas var der færre bindinger. Da udstyret ikke kunne være i badelandet i brugstiden var længden af måleperioden begrænset. Dels tog det tid at stille udstyret op og tage det ned og dels skulle der stadig koordineres med rengøringen, så hele badelandet kunne blive rengjort.

Placeringen af samtlige følere og målepunkter er vist på nedenstående figur, hvor indeklimafølerne er markeret med grøn, måling af lufthastighed med rød og måling af sporgaskoncentration med blå.



# Konklusion

---

Der er udført målinger på indeklimaet på 1. sal i badelandet i en weekend i maj 2009. Selvom der er målt i et forholdsvis stort og jævnt fordelt antal punkter kan målingerne kun betragtes som punkt målinger på grund af badelandets størrelse. Der er og vil være områder hvor forholdene er en del forskellig fra hvad målingerne viser.

I badelandets åbningstid er der målt lufttemperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> niveau. Uden for åbningstiden er der målt lokale ventilationsindekser ved hjælp af sporgas og lokale lufthastigheder ved bassinkanterne.

Temperaturmålingerne er generelt meget fine. Der er målt næsten konstante temperaturer tæt på de ønskede 30°C men dog med en tendens til lidt lavere temperaturer. De målte luftfugtigheder varierer noget mere end temperaturerne – både over tid og mellem de forskellige målepunkter i badelandet. I forhold til komforten er de målte niveauer af luftfugtighed ikke noget problem, men i forhold til kravene i DS 477 og i forhold til afgangningen fra svømmebadene kunne en bedre styring af luftfugtigheden være ønskelig. Målingerne af CO<sub>2</sub> niveauer ligger på niveau med kravene til almindelige bygninger. Da forureningen fra svømmebade sandsynligvis er større end almindelige bygninger kunne det være ønskeligt at øge friskluftsmængden ligesom det ville være ønskeligt med en registrering af CO<sub>2</sub> niveauet så ventilationen kunne tilpasses efter behovet.

Sporgas målingerne indikerer ingen problemer i forhold til områder med utilstrækkelig ventilation. De viser dog en stor opblanding mellem de forskellige ventilationszoner, hvilket bevirker at forureninger et sted hurtigt spredt sig til resten af badelandet. Opblandingen mellem ventilationszonerne bevirker også at det er vanskeligere at holde konstante fugt niveauer når luften er en blanding af luft fra flere anlæg der forsyner forskellige dele med forskellige behov.

Målingerne af lufthastigheder ved bassinerne viser hastigheder omkring eller lidt over hvad der kræves i almindelige bygninger for at undgå træk. Lufthastighederne er dermed relativt lave i forhold til luftskiftet på ca. 4 h<sup>-1</sup>. I åbningstiden vil lufthastigheden være kraftigt påvirket af personernes bevægelse i badelandet.

Overordnet set er der ved målingerne ikke identificeret kritiske områder eller store variationer. Der kan dog konstateres forskellige i indeklimaet når man bevæger sig rundt i badelandet. Bl.a. er der områder hvor man er meget tæt på indblæsningsarmaturerne og lufthastigheden derfor er meget højere end generelt i badelandet.

Målingerne blev gennemført på et tidspunkt hvor badelandet var middel belastet både med hensyn til antallet af badende og vejret. Det bør derfor ikke undre at målingerne generelt viser at indeklimaet er i orden

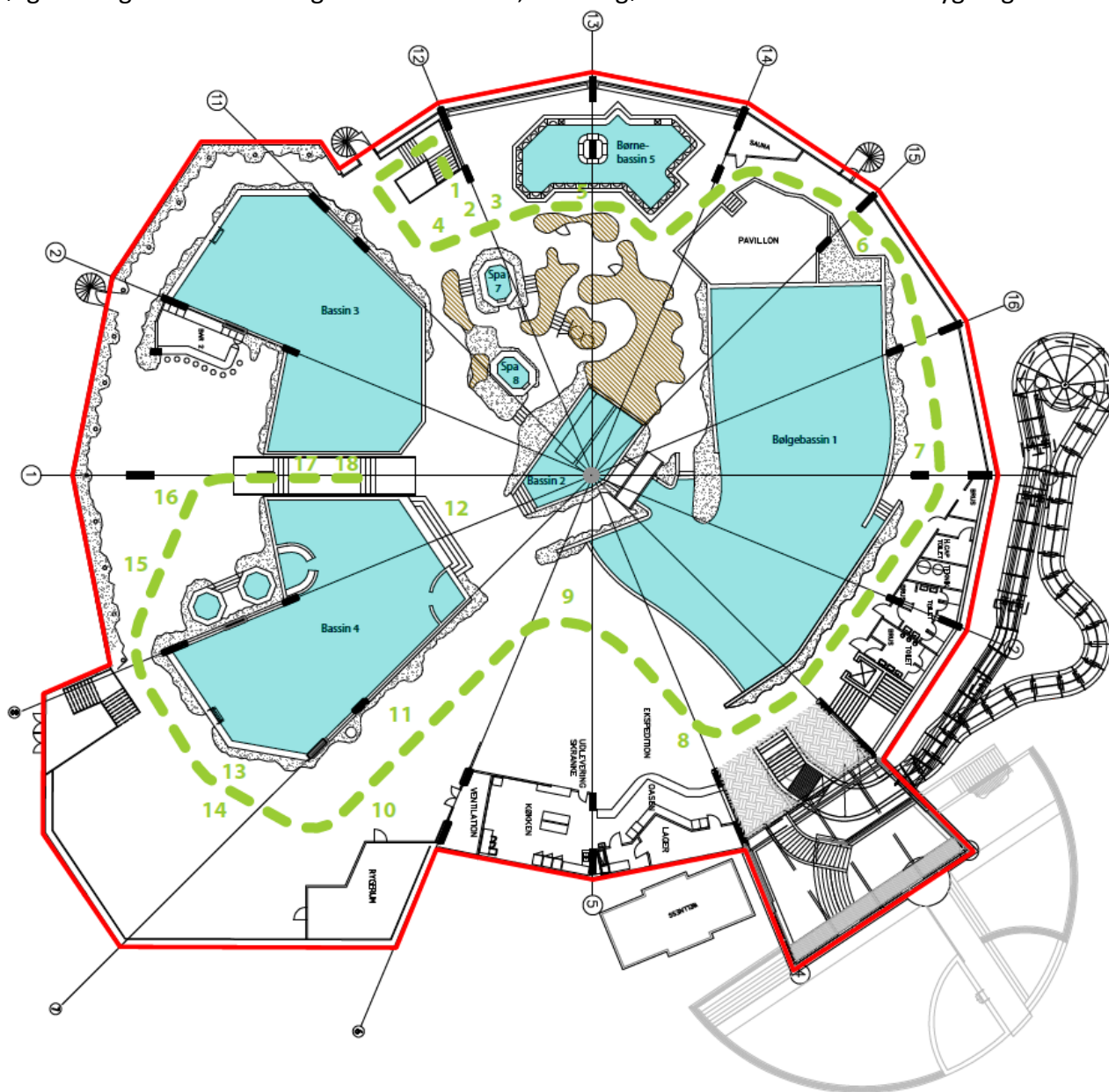
Der er dog stadig mulighed for forbedringer, fx ved at arbejde bevidst med valg af indblæsningsarmaturer for at opnå en bedre fordeling, opblanding og afgrænsning i og af de enkelte ventilationszoner. Ligeledes kunne man tilføje måling af CO<sub>2</sub> niveauet til reguleringen af ventilationsanlæggene ligesom det bør være muligt at køre med reducerede luftmængder uden for åbningstiden og evt. også i åbningstiden ved få badende, så længe der sikres tilstrækkelig opblanding af luften.

# Præsentation af badeland

Dette afsnit indeholder en præsentation af badelandet. Først er der "rundtur" i badelandet der tjener til at give et overblik over den ganske komplekse bygning. Efterfølgende er der en beskrivelse af de tekniske installationer – primært badene og ventilationen.

## Rundtur i badelandet

Det tropiske badeland er Danmarks største, med plads til hele 1300 badegæster. Badelandet består af 5 bassiner, 5 vandrujsjebaner samt 4 boblebad, alle integreret i badelandet mellem klipper og planter. Derudover er der rig mulighed for afslapning og spising i områdets mange opholdszoner. De fleste af disse er i umiddelbar nærhed af de 2 kiosker; Oasen og Lagunen. På følgende figur ses indretningen af badelandet, som udgør hele 1. sal af den store bygning.



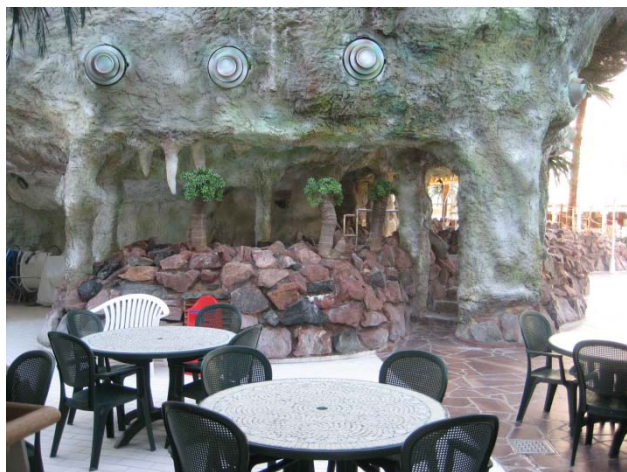


Fra omklædningsrummene i stueplanet er den korteste vej op i badelandet via trapperne i bygningens nordlige ende (ved modul 12). Her passerer samtidig det første af i alt 2 børnebassiner – det eneste bassin placeret i stueplanet.

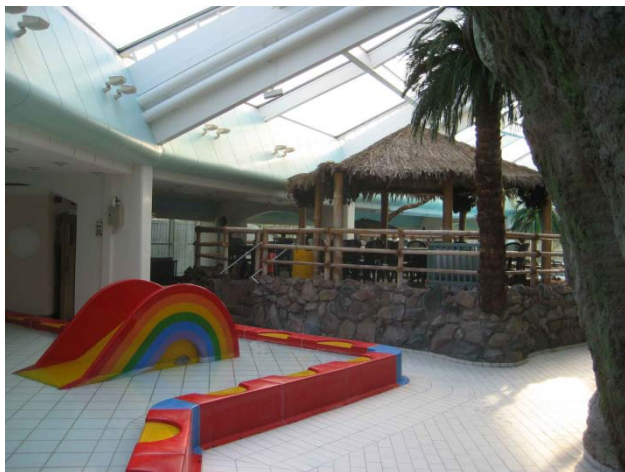


På 1. sal i badelandet støder man som gæst først og fremmest på badelandets mest centrale del – den store klippeformation lokaliseret omtrentlig i midten af bygningen. Her er der integreret 2 boblebade og for enden af de mange trapper inde i "grotten" begynder 4 vandrutsjebaner. Indblæsning af ventilationsluft sker samtidig fra de mange armaturer langs ringen af grotten.

Umiddelbart til venstre for opgangen ligger Lalandias andet og største børnebassin. Med masser af opholdsrum omkring bassinet er det et yndet mål for børnefamilierne.



I forlængelse af børnebassinet er der etableret en pavillon, hvor det er muligt at sidde i et flot miljø og eventuelt indtage mad og drikke. Herfra er der samtidig udsigt ud over det store bølgebassin samt det flotte plantedækkede espalier, som overdækker gangen over til Oasen.



Fra espalieret ved toiletterne er der ligeledes god udsigt ind til midten af bygningen og den høje klippeformation eller grotte, hvor vandrutsjebanerne snor sig mellem planter og effekter. Fra livredderbroen er der mulighed for at holde øje med aktiviteterne i bølgebassinet.

Længst væk på det følgende billede ses et væld af stole og borde foran Oasen, som er flittigt benyttet af badelandets gæster. På nabobilledet er der fokus på hele den store grotte med den lange livredderbro på tværs af det hele. Den strækker sig fra Spa 8 til bølgebassinet





På det følgende billede ses hele livredderbroen, der spænder over område, hvor rutsjebanerne ender. Broen er hævet ca. 4 meter over gulvet. På billedet ved siden af ses endnu engang klippeformation med vandrutsjebaner og indblæsning af luft. Ved den store opholdszone med borde og stole er der ligeledes placeret armaturer i den dertil indrettede klippe, som skal forsyne området samt bassin 4 med luft.



Fra opholdsområdet er udsigt ud over bassin 4. Det er mest af alt det hyggelige bassin med knap så højt til loftet, synlige klipper og palmer og ikke mindst den integrerede grotte, som man kan svømme ind i.

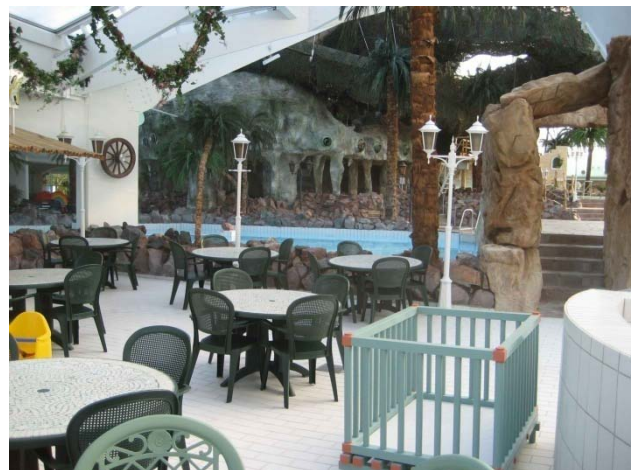


Fra den anden side af bassinet ses det tydeligt, at der ikke er så højt til loftet. De store glaspartier danner samtidig rammen om endnu et stort opholdsområde bagved bassin 4 i det store rum, som er skabt ved udvidelse af bygningen fra modul 6 til 8. Det er karakteriseret ved at afvige fra den oprindelige opbygning af badelandet – dels indretning og materialer og dels brydningen af den polygoniske form.

Området ligger lige fjernt fra begge kiosker og fungerer nok mest som mulighed for at nyde naturen og for afslapning.

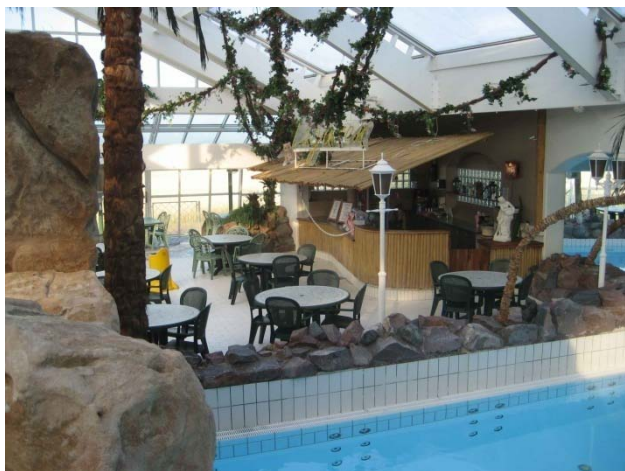


Bagved grotten i bassin 4 er der integreret 2 boblebad i sten. Herfra er der udsigt over den mindste af badelandets 2 kiosker; Lagunen. Mellem de 2 bassiner er der etableret en gangbro delvist overdækket med klipper, som fører gæsterne over til grotten og det store spise-/opholdsområde.





Fra gangbroen ses hele Lagunen. Rundt om kiosken snor bassin 3 sig. Det er større end bassin 4 og forekommer mere åbent. I den ene side er der etableret en strømkanal, som gæsterne kan muntre sig i.



Ved siden af strømkanalen er nedgangen til omklædningsrummene og turen rundt i badelandet er således komplet.

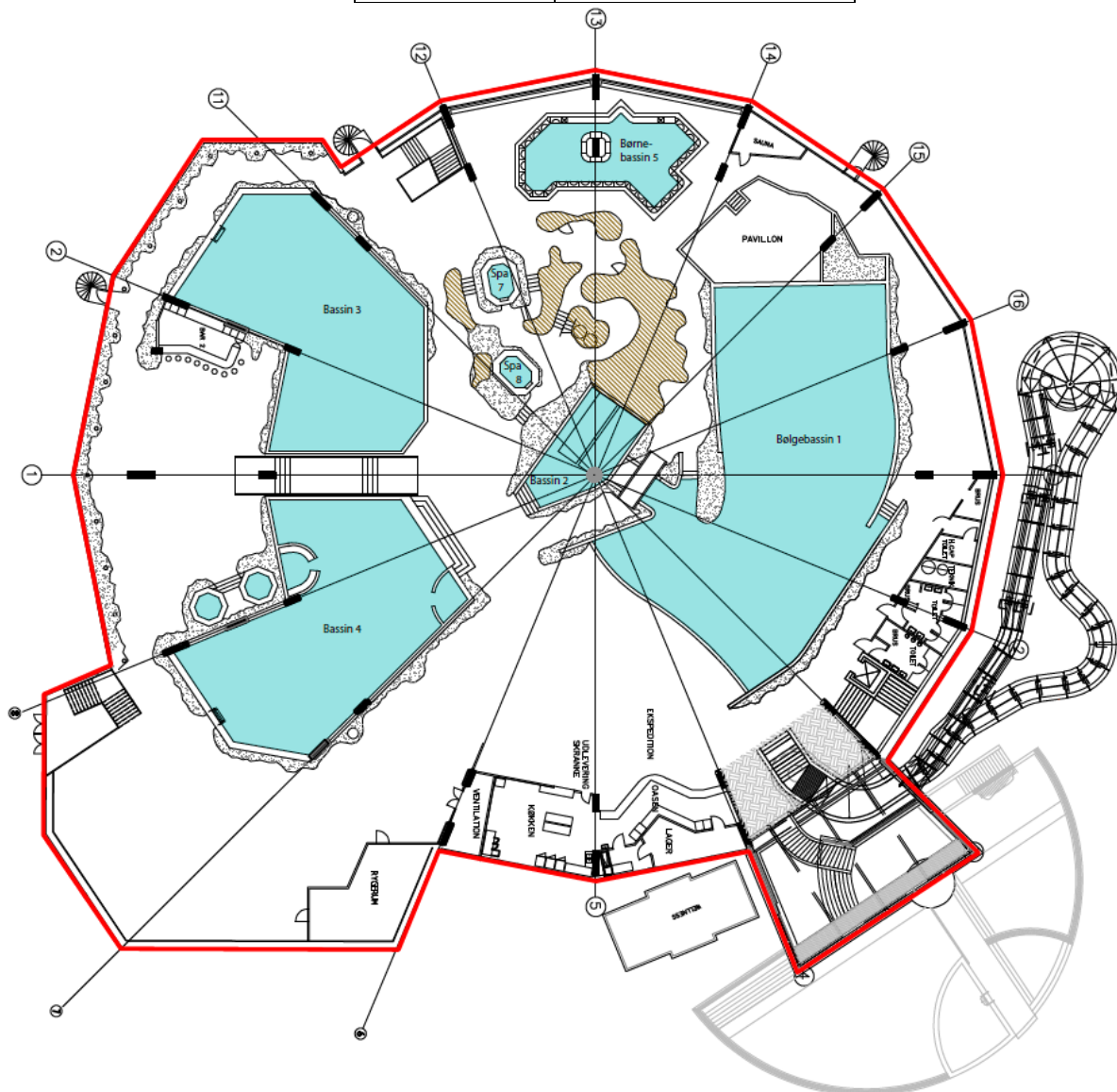
## Tekniske installationer

I dette afsnit beskrives de overordnede parametre for bassinerne, ventilationsanlæg og vejrstationen.

## Bassinerne

På 1. sal er der 7 bassiner, se figuren nedenfor. Bassinerne er temperaturmæssigt inddelt i 3 kategorier. Bassin 1 - 4 er de store bassiner til at bade i samt de centrale rutsjebaner. Bassin 5 er børnebassinet og 7 og 8 er spabade. Ifølge DS 477 bør vandtemperaturen være 2°C lavere end rumluften. Dette er ikke muligt for alle bassinerne, da der er forskellige krav til vandtemperatur.

	<b>Vandtemperatur [°C]</b>
Bassin 1 – 4	28
Bassin 5	34
Bassin 7 – 8	37



## Ventilation

Lalandias badeland ventileres af i alt 4 ventilationsanlæg. Disse er placeret i bygningens stueplan sammen med de mange vandbehandlingsanlæg. Anlæg 3 og 4 er de mindste af disse og kan ses på følgende billeder.



Anlæg 2 og især anlæg 1 er væsentlig større. På de følgende billeder kan dele af det store anlæg 1 ses.

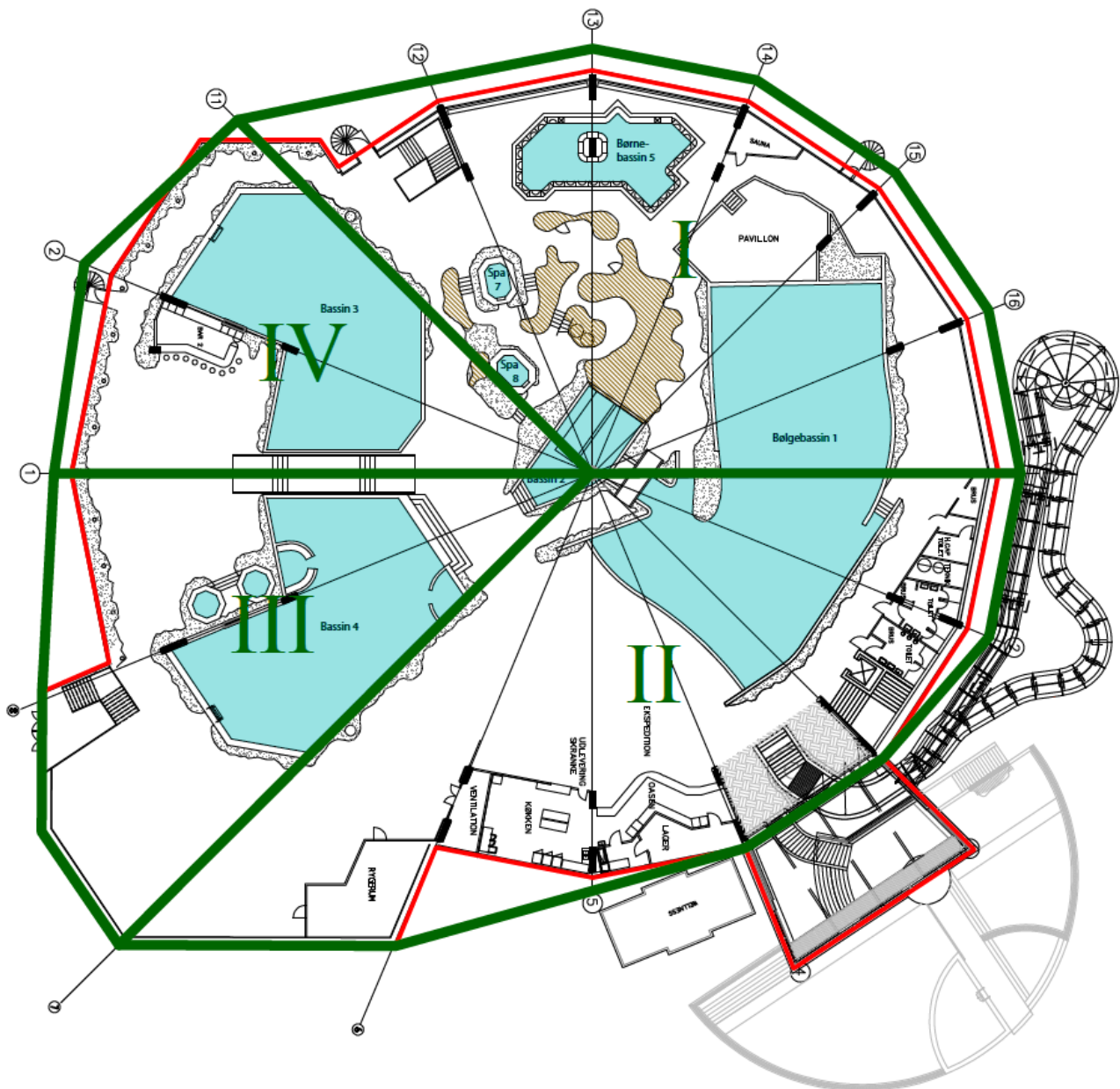


De samlede luftmængder er for henholdsvis indblæsning og udsugning  $74.950 \text{ m}^3/\text{h}$  og  $79.400 \text{ m}^3/\text{h}$  og ventilationen er dermed ikke helt balanceret. Det er dog helt normalt at designe anlægget, så der fremkommer et svagt undertryk i badelandet. Herved reduceres fugtpåvirkningen af de omgivende konstruktioner og spredning af den klorholdige luft til resten af Lalandia reduceres.

Luftmængderne for hvert af de 4 anlæg kan ses i tabellen.

	Indblæsning [m <sup>3</sup> /h]	Udsugning [m <sup>3</sup> /h]
Anlæg 1	30.000	40.000
Anlæg 2	18.100	13.800
Anlæg 3	15.500	13.950
Anlæg 4	11.200	11.650
<b>I alt</b>	<b>74.950</b>	<b>79.400</b>

De 4 ventilationsanlæg ventilerer hver deres del af badelandet. På oversigtsplanen er det illustreret, hvordan ventilationen er fordelt mellem anlæggene.





## Regulering

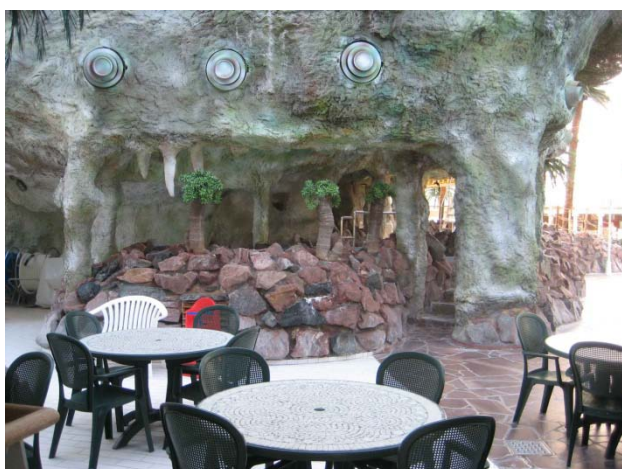
Ventilationsanlæggene kører hele året, hele tiden med samme luftmængde. Temperatur setpunktet er 30°C (2°C varmere end de store badebassiner efter DS 477) og dette opnås ved at opvarme indblæsningsluften i ventilationsanlæggene. Setpunktet for den relative fugtighed er 60% i overensstemmelse med DS 477. Fugtigheden reguleres ved at ændre på forholdet mellem frikluftsmængde og recirkulering. Frikluftsmængden kan varieres mellem 25 og 100% af den samlede indblæsningsluftmængde. Der er ingen registrering af eller regulering efter luftkvaliteten (CO<sub>2</sub> niveau).

## Armaturer

Der er benyttet en række forskellige armaturer til såvel indblæsning som udsugning i badelandet. Udsugning sker udelukkende i toppen af kuplen, hvor anlæg 1 suger den største mængde ud gennem en meget stor kanal skjult i klippeformationen, mens de øvrige anlæg suger luften ud langs hvert spær.



Valg af indblæsningsarmaturer er primært forskellig for de 4 anlæg eller områder. Anlæg 1 indblæser luft gennem de mange armaturer langs ringen af grotten samt rundt langs glasfacaden.



Indblæsningsluft fra anlæg 2 sendes gennem armaturer langs glasfacaden ligesom anlæg 1. Her er dog ligeledes anvendt nogle, som er rettet ind mod badelandet i stedet for mod facaden. Fra rygerummet og op mod anlæg 3 benyttes endvidere armaturer placeret lodret i stenene. Disse er anvendt i opholdszonerne med borde og stole samt bag bassin 3 og 4.



Anlæg 3 og 4 anvender ligeledes de lodret placerede armaturer langs glasfacaden i opholdszonen ved Lagunen samt bag bassin 3 og 4. Derudover anvendes nogle øvrige typer i område III og IV. Det drejer sig om en gruppe dyser med stor kastelængde, som sender luft ind over bassin 3 og 4. Derudover er i opholdszonen ved Lagunen anvendt lofthængte armaturer.





## Vejrstation

Lalandia har deres egen vejrstation til at overvåge vejrforholdene i forbindelse med styring af ventilationsanlægget. Det er en stor mast opstillet bag teknisk forvaltning, som registrerer alle de væsentlige vejrparametre via CTS-anlægget. Der overvåges udetemperatur, vindhastighed, vindretning, fugtighed, regnfald, solintensitet samt lysintensitet. På de følgende billeder ses vejrstationen.



## Måleudstyr

I dette afsnit omtales det benyttede måleudstyr kort med fokus på målenøjagtigheden.

### Indeklimamåling

Til måling af indeklimaet er der benyttet et system bestående af en datalogger og et antal følere der sender data (målingerne) trådløst til dataloggeren efter et angivet interval. Udstyret er af fabrikatet Eltek.

Alle følerne er blevet kalibreret inden målingerne og der er dermed opnået en mindre usikkerhed end den udstyret er specificeret med. Usikkerheden ligger inden for:

- Temperatur:  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- Fugtighed:  $\pm 1\%$  point
- $\text{CO}_2$ :  $\pm 30$  ppm



### Sporgasmåling

Til måling af sporgas er der benyttet en gasanalysator af mærket Innova (B&K) samt 2 multipleksere hver med 6 kanaler, så det er muligt at måle på i alt 12 kanaler. Som sporgas er benyttet lattergas  $\text{N}_2\text{O}$ . Udstyret er kalibreret inden brug og da resultaterne af målingerne er relative i forhold til den målte koncentration i udsugningen er måleusikkerheden uden praktisk betydning for resultaterne.

Ved denne type måling er det derimod afgørende at der måles over tilstrækkelig lang tid, da det tager ca.  $\frac{1}{2}$  minut pr. måling pr. kanal. Derfor er der en forholdsvis stor tidsforskel mellem de 12 kanaler ligesom der altid vil være en tidlig variation i koncentrationen selvom målingerne foretages under nogen lunde stationære forhold. Der er opnået tilstrækkeligt stationære forhold i en passende tid.



### Lufthastighedsmåling

Til måling af lufthastighed er benyttet et Dantec anemometer system. Dette system har 8 følere der måler farten af luftens hastighed. Udstyret er kalibreret til en nøjagtighed på  $\pm 0,1$  m/s. Hver måling er en middelværdi over 3 minutter hvor der samples 10 gange i sekundet.

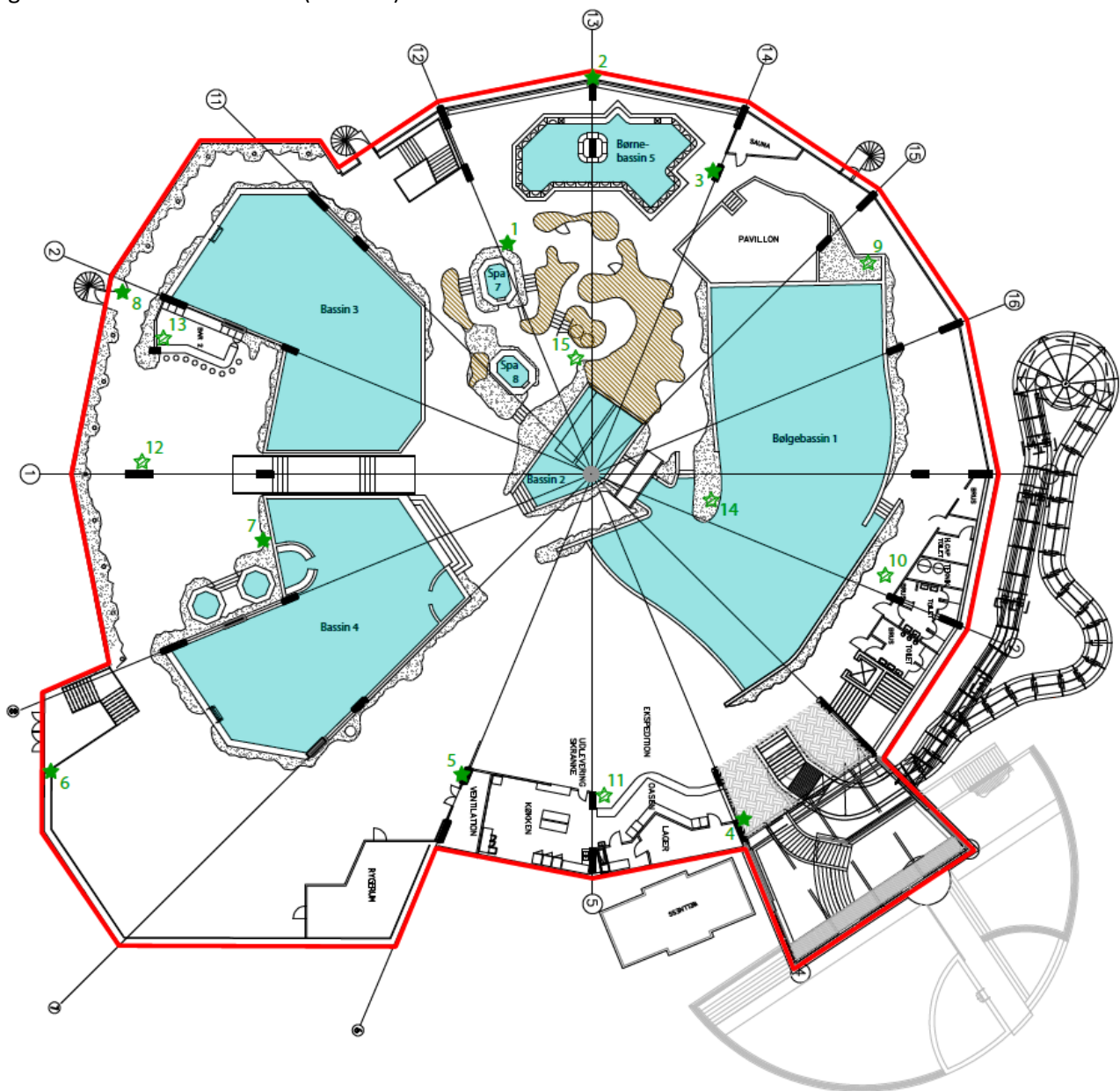


# Indeklimamåling

I dette kapitel omtales indeklimamålingerne som består af måling af temperatur, relativ luftfugtighed og CO<sub>2</sub> niveau udvalgte steder i badelandets 1. sal. Der er benyttet to typer følere – en der måler temperatur og relativ fugtighed og en der tillige måler CO<sub>2</sub> niveau. Måleudstyret er nemmere beskrevet i kapitlet "Måleudstyr". Kapitlet indeholder først en beskrivelse af følerne placering og derefter en gennemgang af resultaterne for de enkelte følere og følerne indbyrdes.

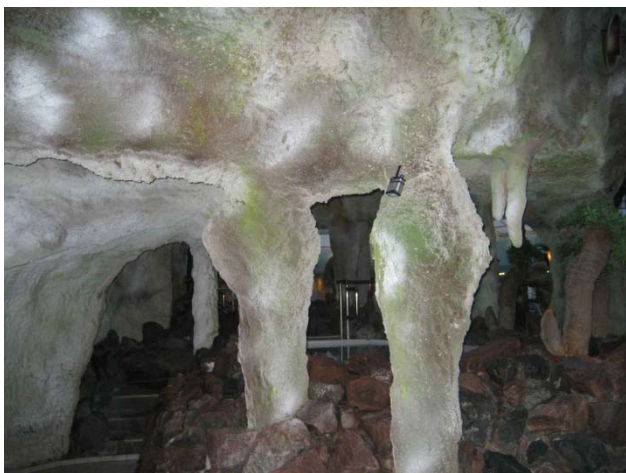
## Placering af følere

På figuren ses en oversigtsplan over badelandet, hvor de udvalgte steder til måling af temperatur og fugtighed er indtegnet med helt grønne stjerner (nr. 1-8). Med sribede stjerner er det markeret, hvor der ligeledes er målt CO<sub>2</sub>-niveau (nr. 9-15).



## #1 – Spa 7

Der er foretaget måling ved grotten og spa 7. Her befinder der sig mange mennesker – dels fordi opgangen fra omklædningsrummet er tæt på og dels fordi der er her er passage mellem børnebassinet og det øvrige badeland. Samtidig befinder der sig en af Lalandias egne målere i nærheden til styring af ventilationen og i den forbindelse er det interessant, hvordan niveauerne er her i forhold til resten af badelandet.



## #2 – Søjle ved modul 13

Mange af placeringerne er vilkårlige punktmålinger spredt rundt i hele badelandet. Der er opstillet en måler ved et af modul 13's søjler tæt på facaden.





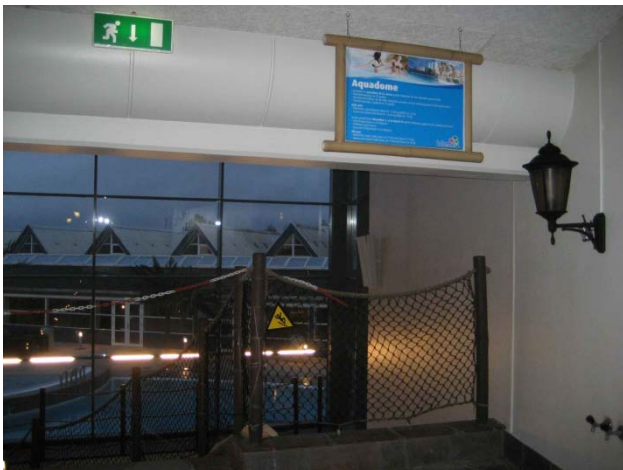
### #3 – Eltavle ved modul 14

I området mellem børnebassinet og pavillonen, hvor der er stor gennemgang af mennesker er der opstillet en måler på en eltavle. I nærheden er desuden en af badelandets mange saunaer.



### #4 – Wild River vandruksjebane

Ved badelandets seneste attraktion – Wild River vandruksjebane, som fører gæsterne en tur udenfor – er der placeret en måler, hvor det var muligt. Det blev på den viste lampe på muren. Der er samtidig indgang til badelandet fra rækken af udendørs bassiner gennem den tilbyggede glasfacade her.



### #5 – Eltavle ved rygerum

Ved rygerummet er der placeret en måler på en eltavle. Det er samtidig i nærheden af det store opholds- og spiseområde ved Oasen.



### #6 – Opholdsområde

Ved det andet store opholdsområde bag bassin 4 er der ligeledes placeret en måler. Det er sket i umiddelbar nærhed af trappen, der fører ned til toiletter.





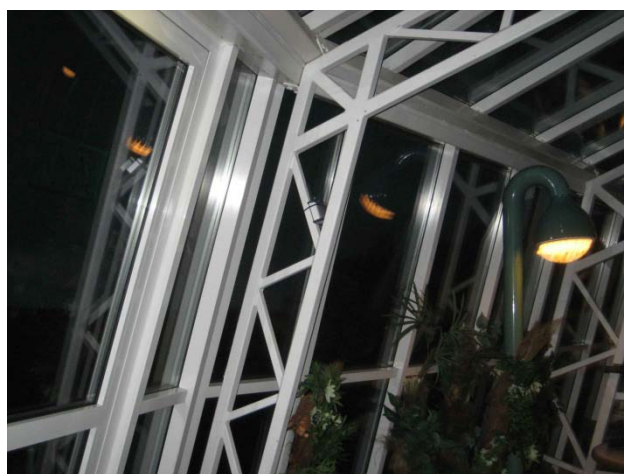
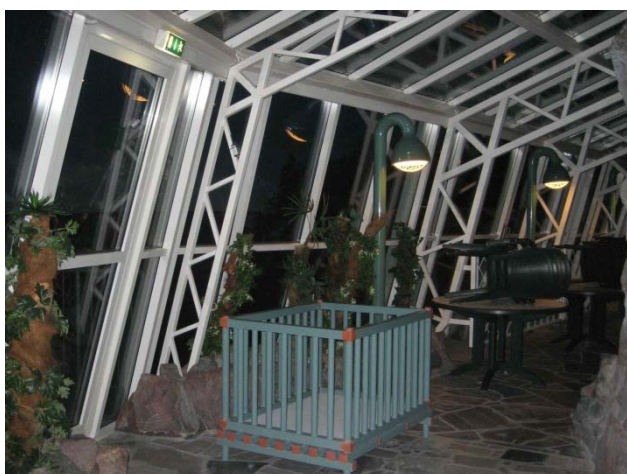
### #7 – Opholdsområde ved boblebade

Ved opholdsområdet ved Lagunen og de 2 mindre boblebade er der placeret en måler.



### #8 – Passage ved Lagunen

Ved passagen bag bassin 3 og Lagunen er der placeret en måler tæt på bygningens glasfacade.



### #9 – Parasol ved livredderstol

I den fjerne ende af bølgebassinet og ved siden af pavillonen er der placeret en måler i en parasol. I umiddelbar nærhed er der samtidig en stol, så livredderne kan observere aktiviteterne i bassinet. Placeringen er desuden valgt i forbindelse med det fokus, der er rettet mod arbejdsstationerne for badelandets ansatte.



### #10 – Toiletter

Ved passagen om til Oasen er der placeret en måler i det espalier, der overdækker arealet foran toiletterne.





### #11 – Oasen

I forbindelse med fokus på indeklimaet ved arbejdsstationerne er der placeret en måler lige udenfor Oasen. Her er samtidig mange mennesker som følge af det store salg af mad og drikke, der udleveres lige ved siden af. Som det ses på billedet til højre er føleren ligeledes placeret tæt på følerne til ventilationsanlægget der forsyner område nr. 2.



### #12 – Opholdsområde ved Lagunen

Ved opholdsområdet foran Lagunen er der placeret en måler for at måle indeklimaet, som det opleves af de mange siddende mennesker i området.



### #13 – Lagunen

Føleren er i modsætning til ved Oasen her placeret inde i selve kiosken, så det er muligt at vurdere indeklimaet for de ansatte.



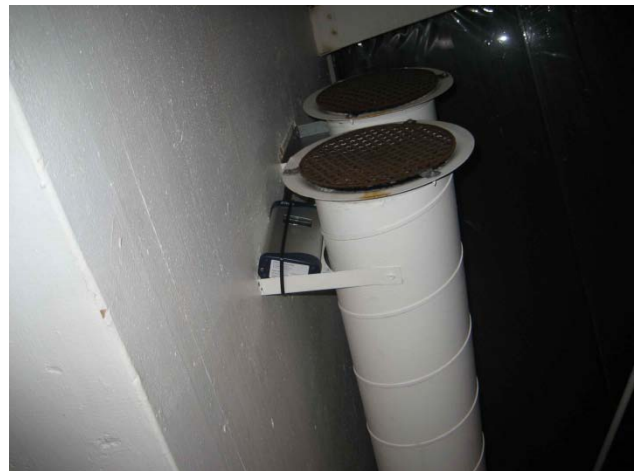
### #14 – Livredderbroen

De foregående målere er overvejende placeret i indtil 2 meters højde for at afspejle opholdszonen for badelandets gæster. For at få en ide om evt. lodrette gradienter op gennem badelandet samt for at vurdere arbejdsmiljøet for badelandets livreddere, er der placeret en måler i den fjerne ende af livredderbroen. Her er højden for indånding ca. 6 meter over badelandets gulv.



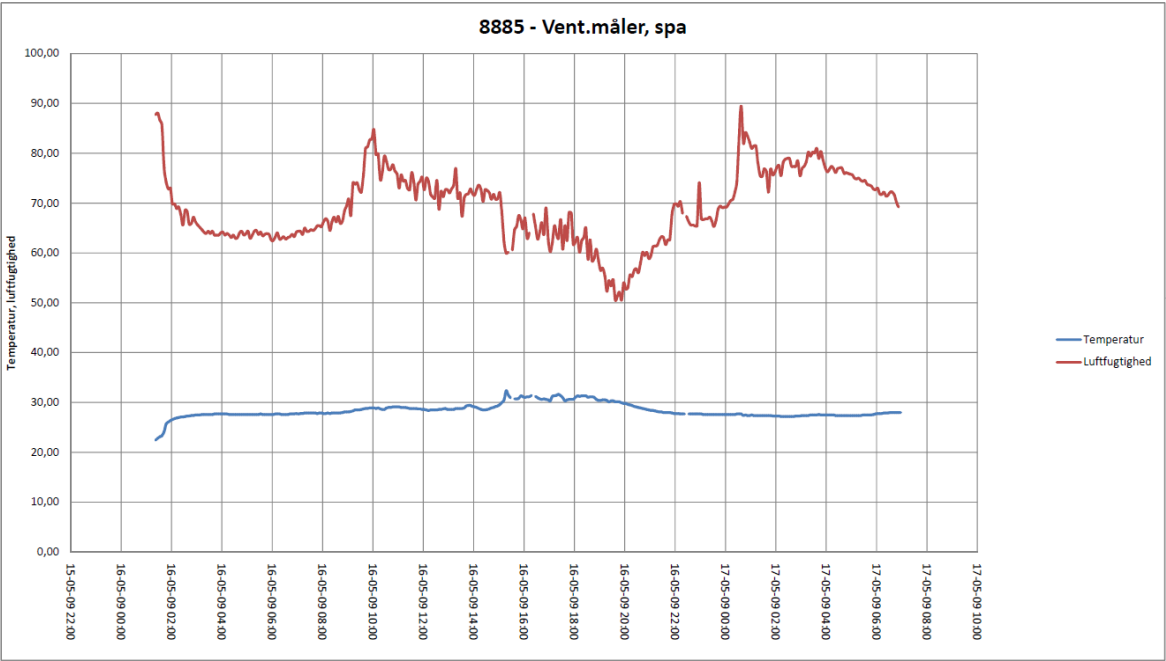
### #15 – Udsugning ved vandrutsjebane

Målingen ved udsugningen oppe ved starten af de mange vandrutsjebaner tjener flere formål. For det første udgør placeringen det højeste tilgængelige punkt i badelandet. Resultaterne herfra bidrager til undersøgelsen af de gradienter der måtte være ved temperatur, fugtighed og CO<sub>2</sub>. Samtidig har det været hensigten – så vidt muligt – at undersøge i umiddelbar nærhed af de samme punkter, hvor der blev benyttet sporgas til måling af ventilationseffektivitet.

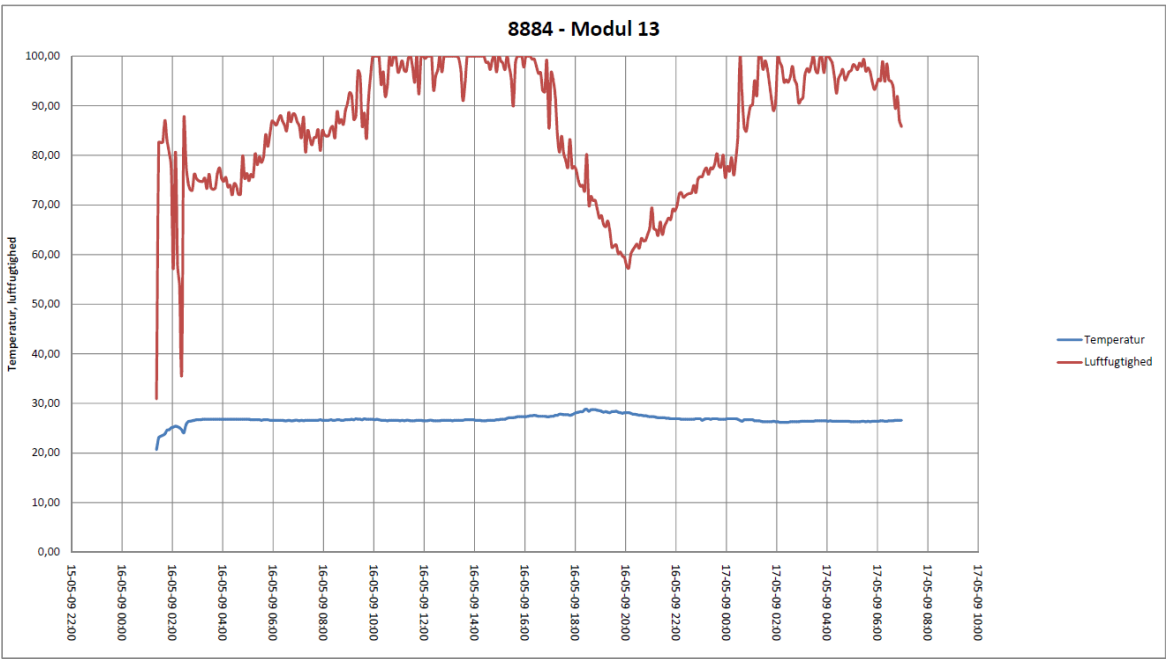


# Resultater - indeklimamåling

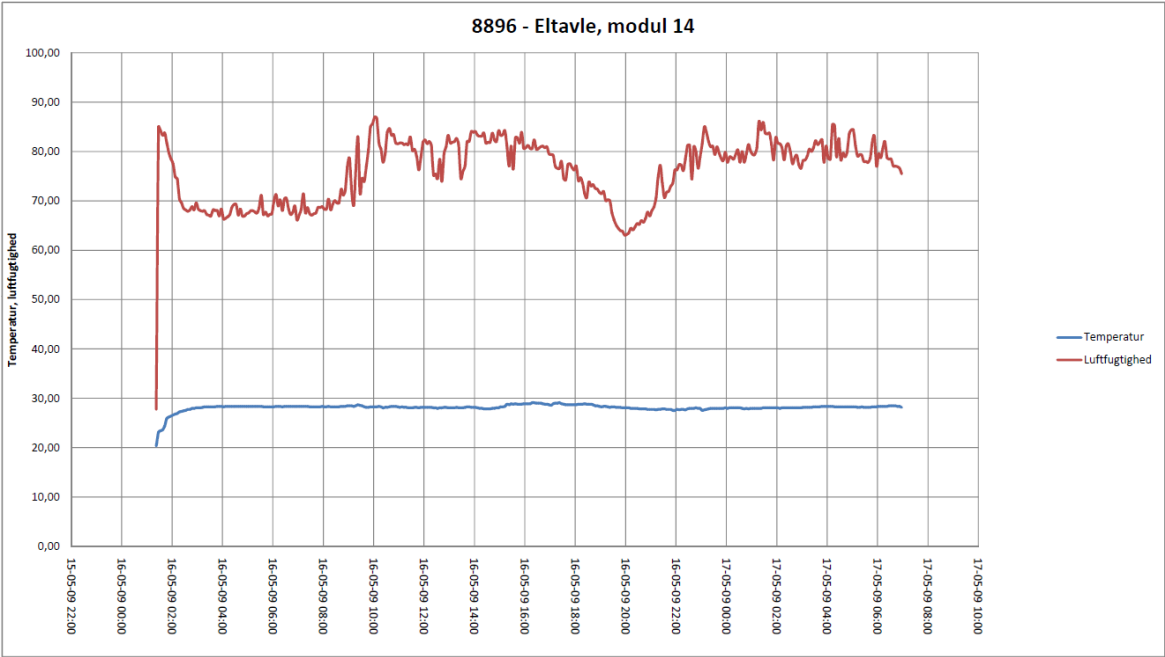
## #1 – Spa 7



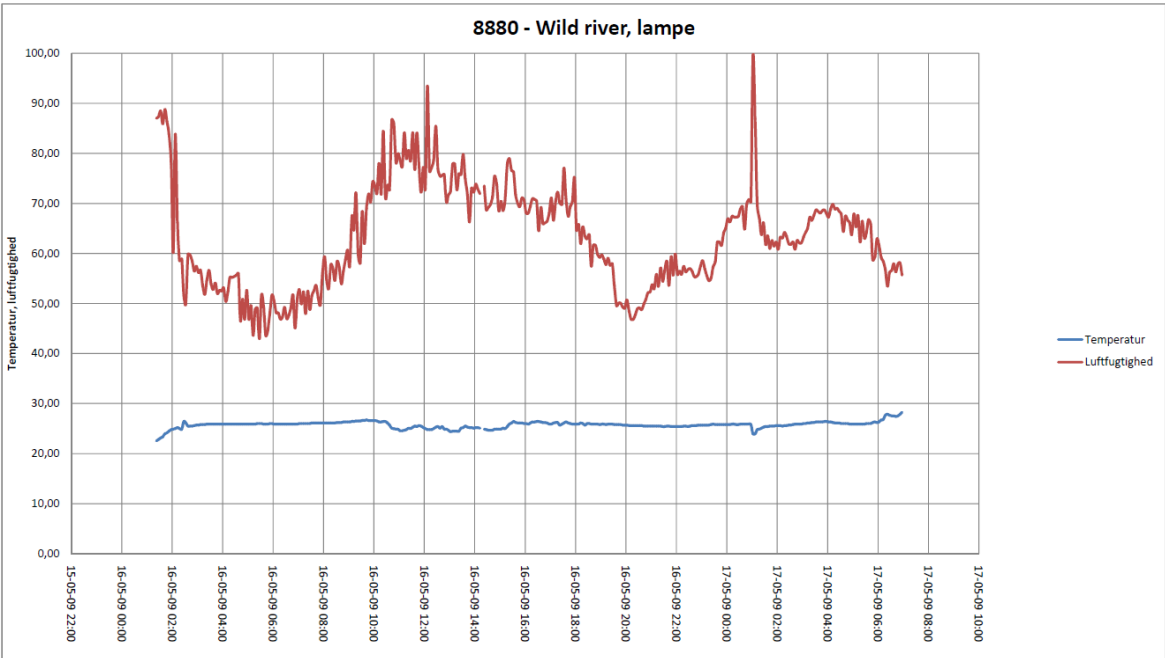
## #2 – Søjle ved modul 13



#3 – Eltavle ved modul 14

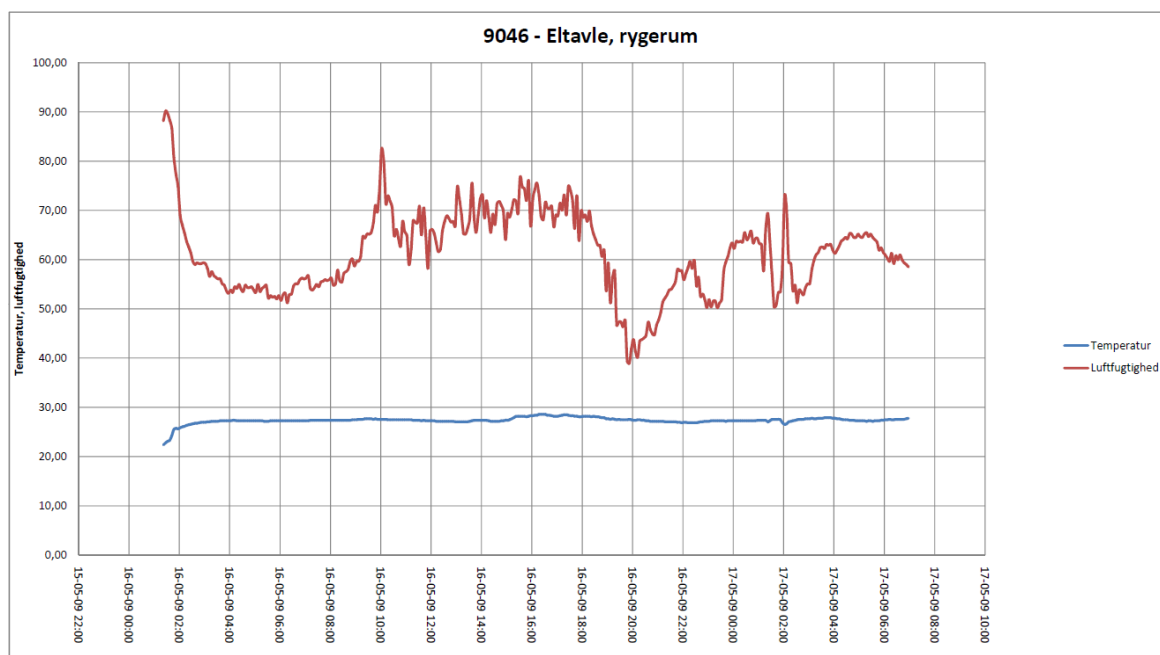


#4 – Wild River vandruksjebane

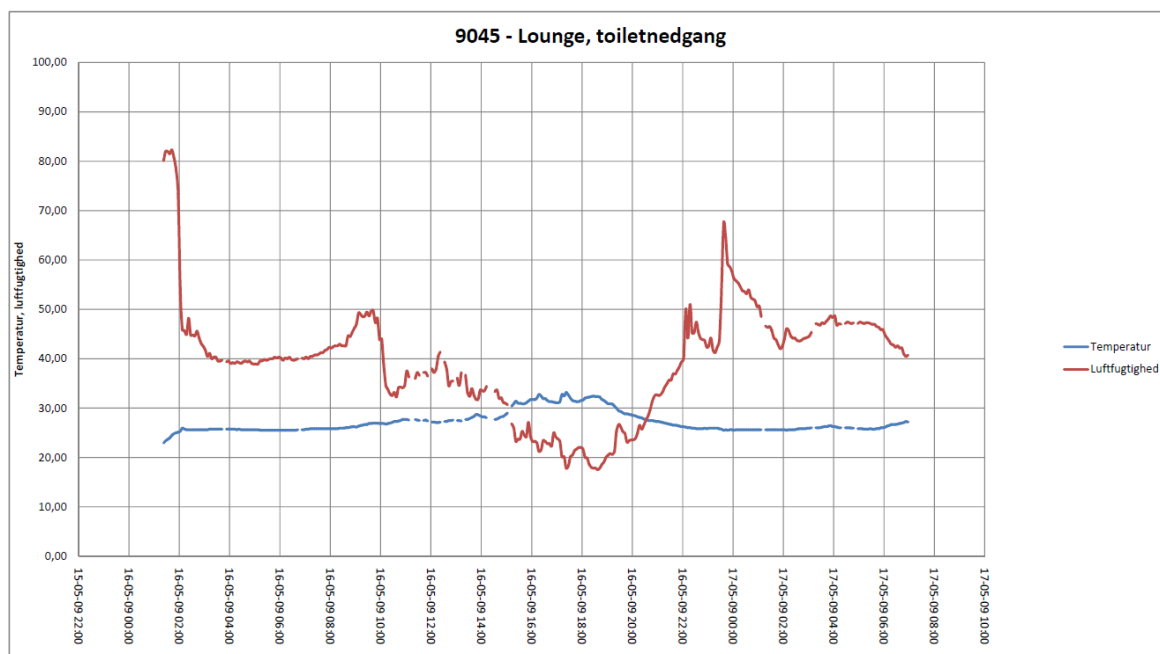




## #5 – Eltavle ved rygerum

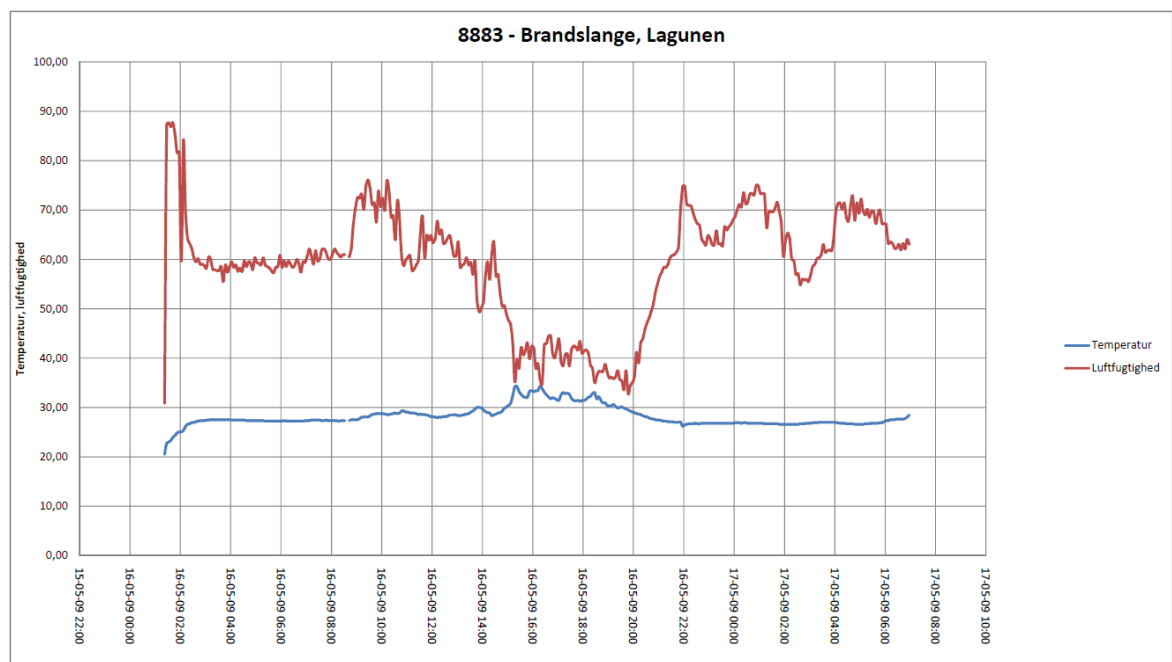


## #6 – Opholdsområde

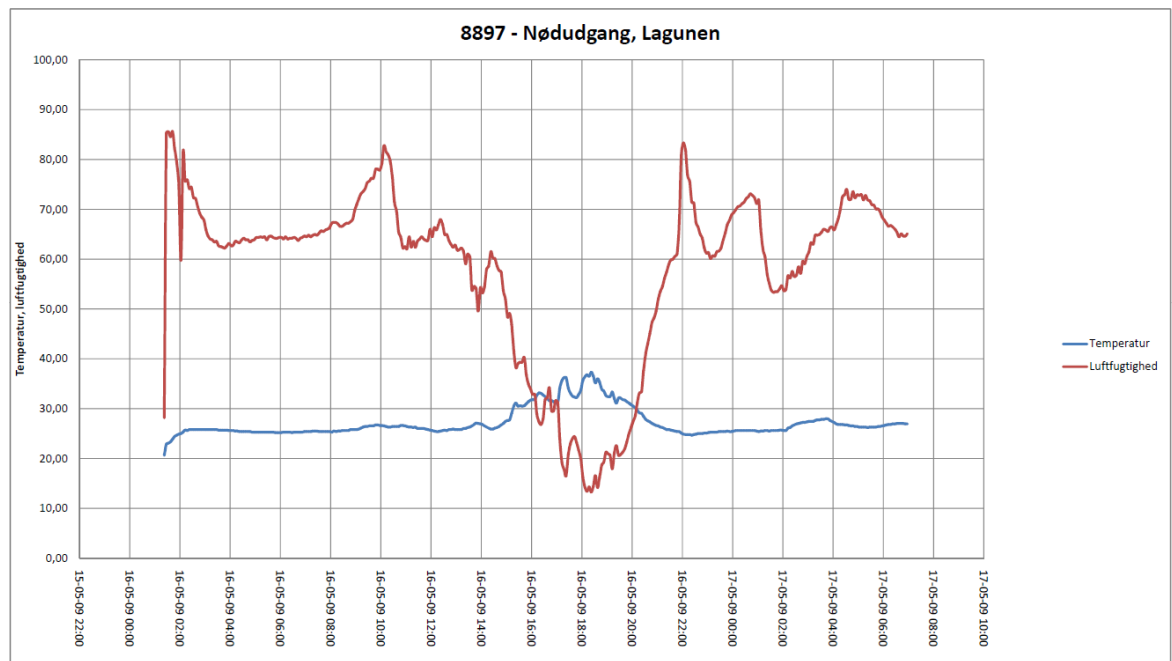




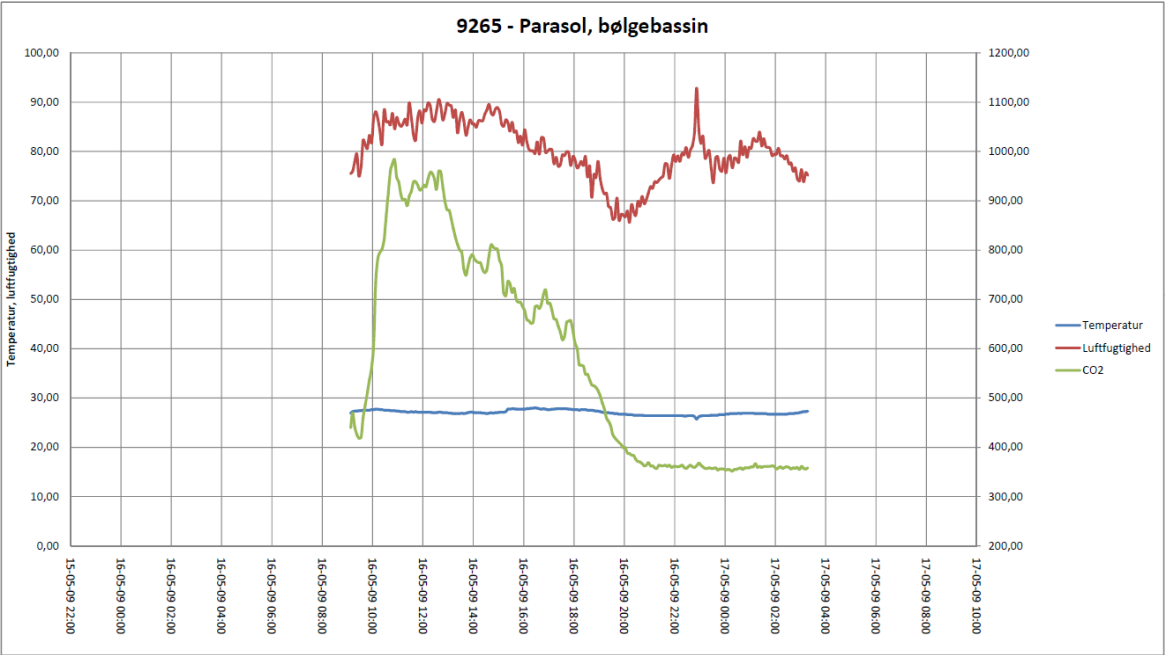
#7 – Opholdsområde ved boblebad



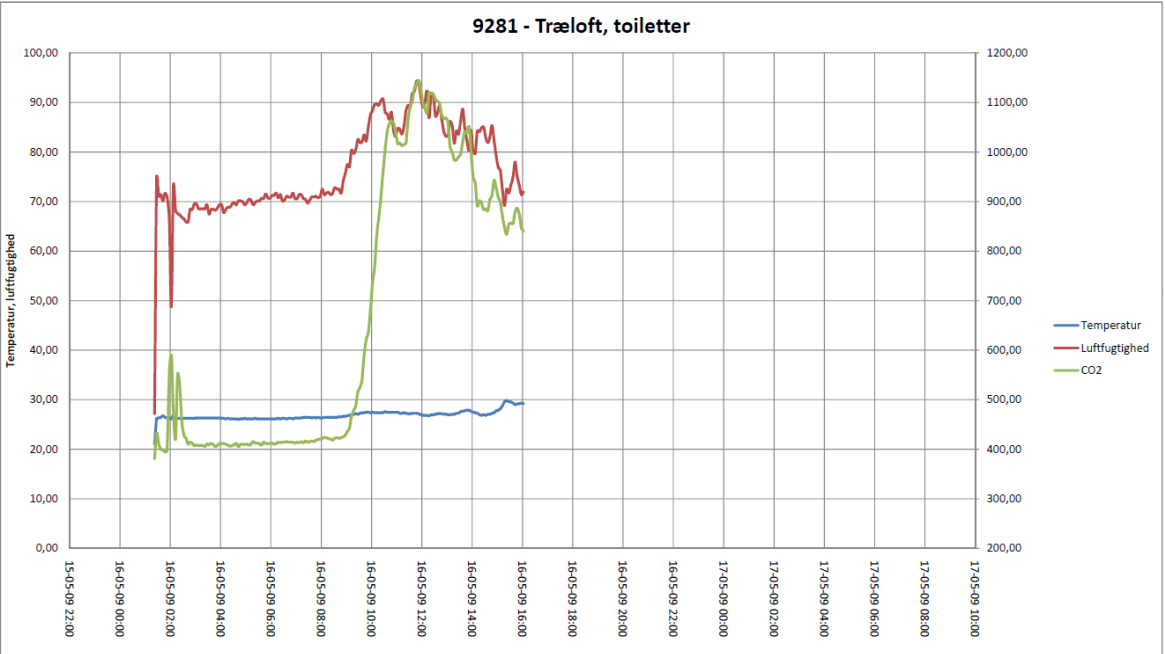
#8 – Passage ved Lagunen



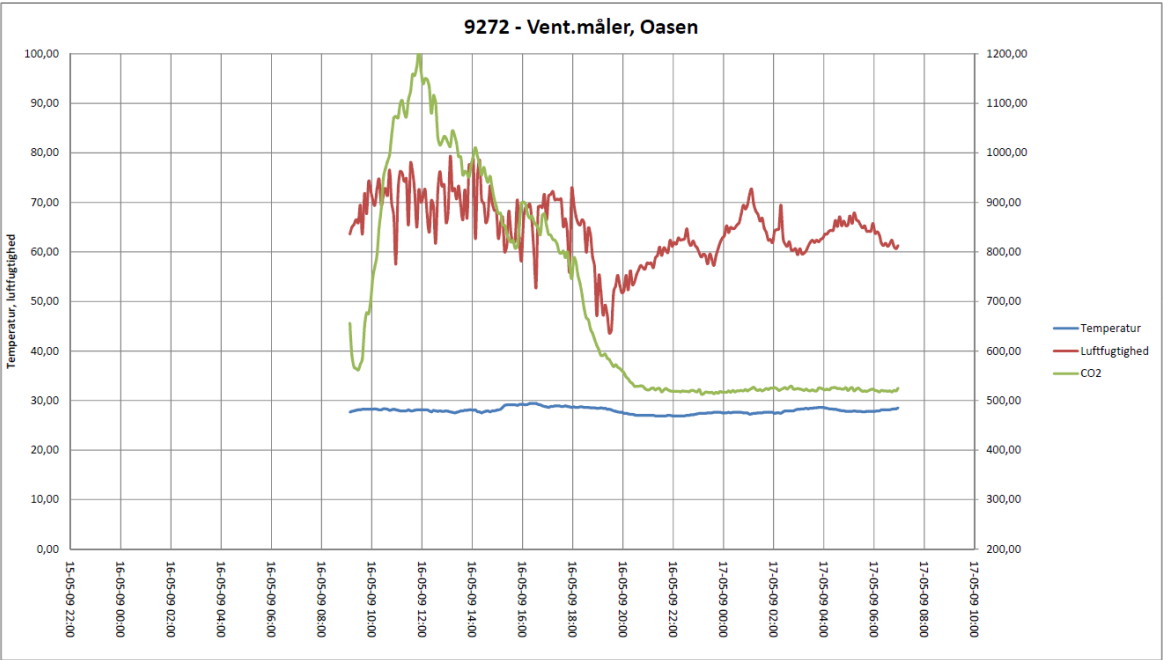
#9 – Parasol ved livredderstol



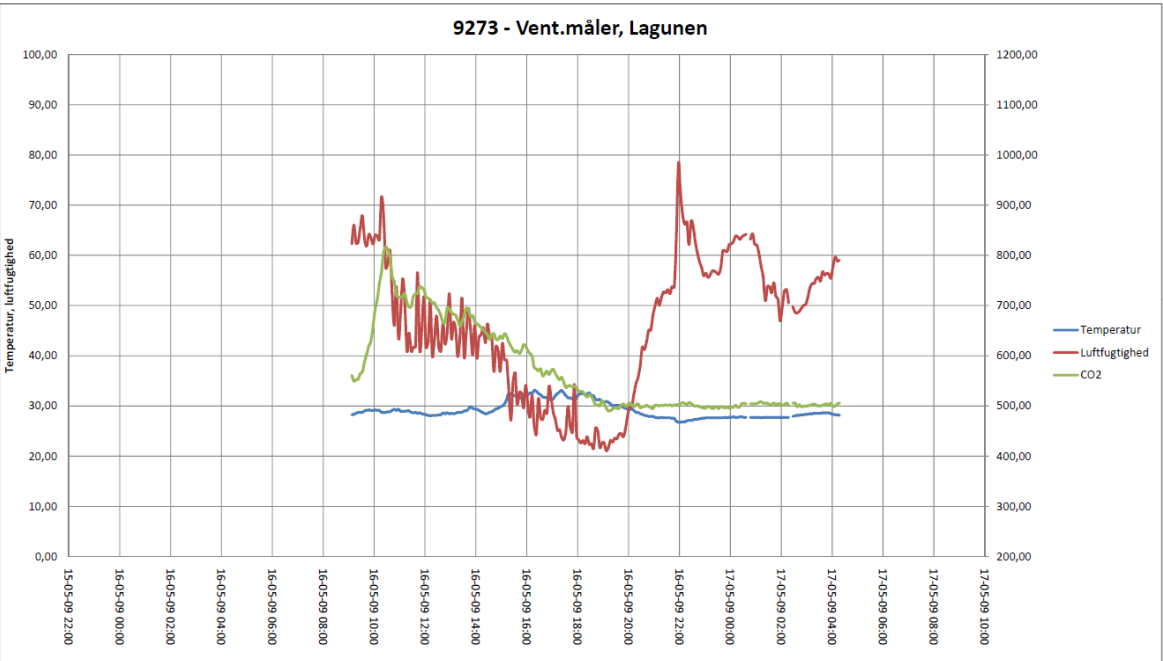
#10 – Toiletter



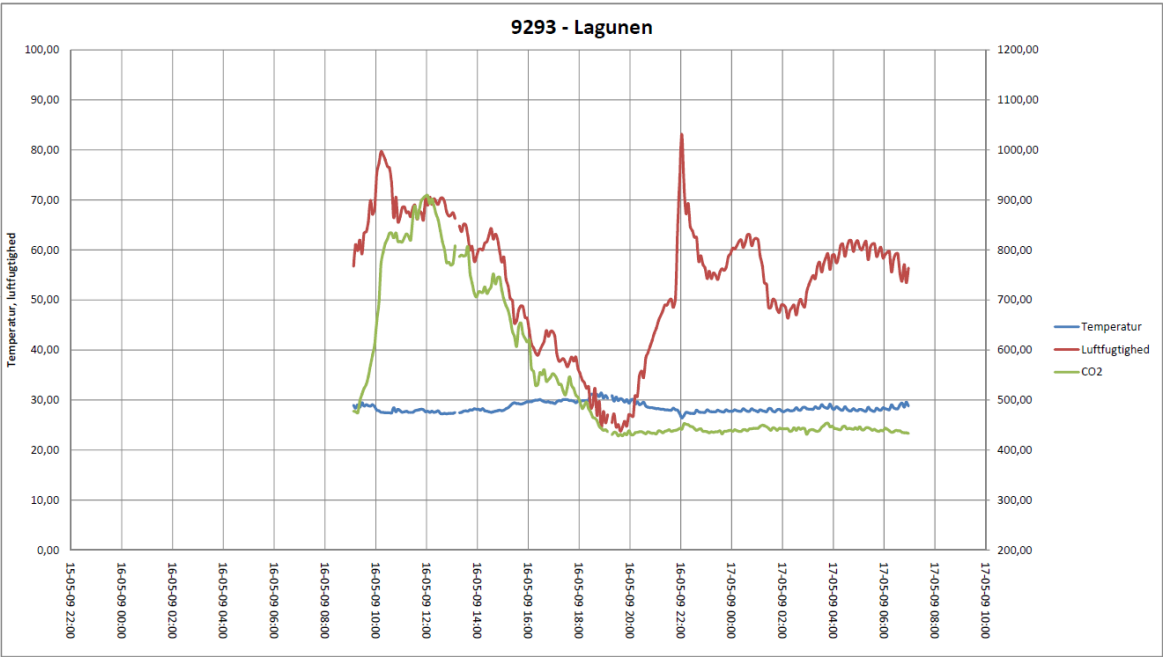
#11 – Oasen



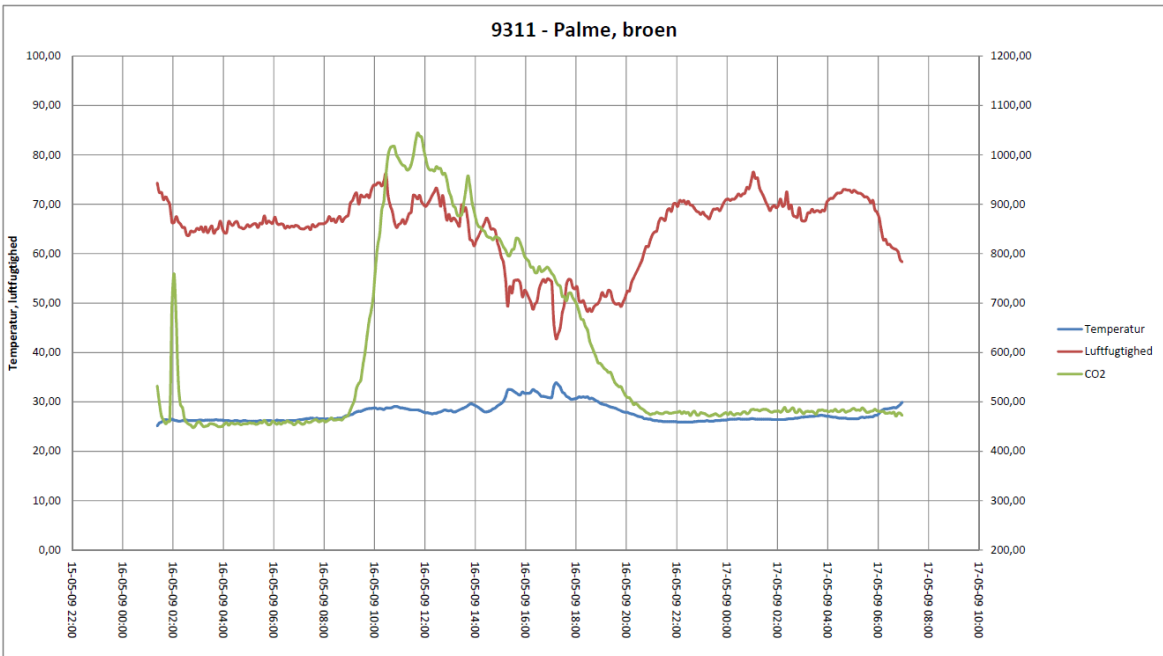
#12 – Opholdsområde ved Lagunen



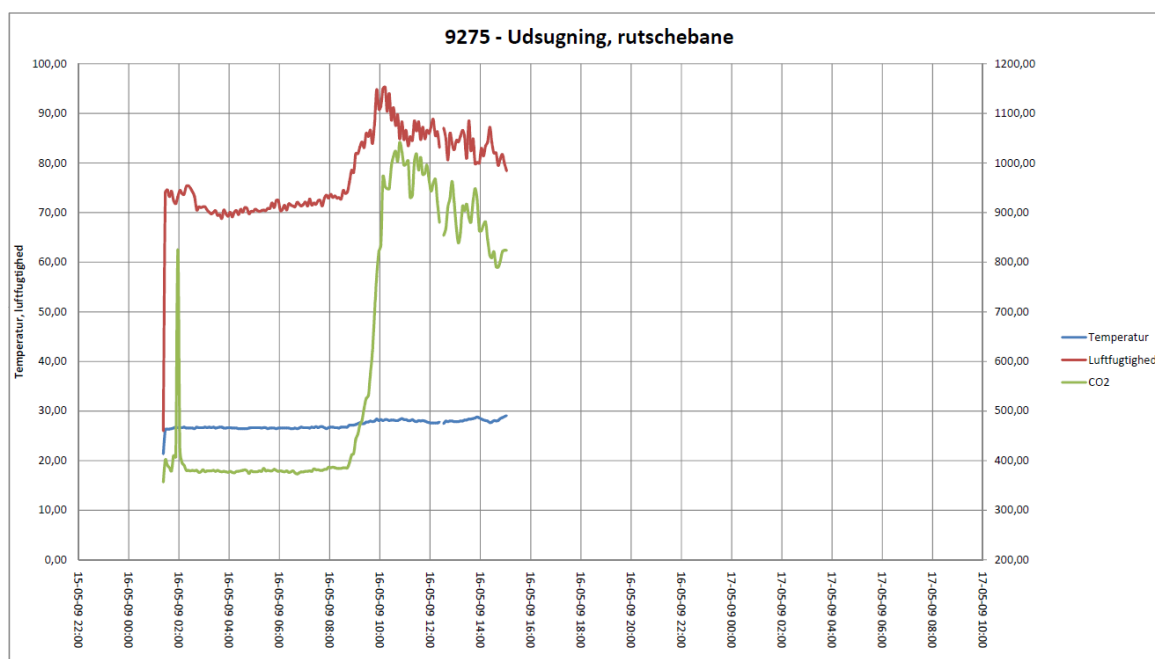
#13 – Lagunen



#14 – Livredderbroen



## #15 – Udsugning ved vandrutsjebane



### Temperatur

Temperaturmålingerne er generelt ganske ens for de forskellige punkter. Den målte temperatur ligger typisk lige under 30°C og med en beskednen variation. For målepunkterne 6, 7, 8, 12 og 13 der alle vender mod vest kan der ses en temperaturstigning kl. 15 og 19 på grund af solindfald.

Sammenlignes målepunkterne 10, 9, 14 og 15 placeret i hhv. 2, 3, 6 og ca. 12 m højde er der ingen lodret temperatur gradient at spore. Der er heller ingen nævneværdige forskelle rundt i badelandet og temperatur forholdene er generelt fine, men er dog generelt lidt under det ønskede setpunkt på 30°C.

### Fugtighed

Fugtighedsmålingerne varierer generelt noget mere end temperaturmålingerne. Der er større variation mellem punkterne og også større tidslig variation. Nogle ligger ganske tæt på det ønskede setpunkt på 60% relativ fugtighed som fx målepunkt nr. 5, mens andre ligger noget højere, fx målepunkt nr. 2 og 10 (70-90% RH) og andre igen lavere, fx målepunkt nr. 6 (typisk 20 – 40% RH).

Da temperaturforholdene generelt er meget ens skyldes den varierende luftfugtighed lokale forhold som varierende fordampning og muligvis også forskelle i luftfordelingen.

For de tre følere der er placeret tæt på følerne til ventilationsanlæggene (nr. 1, 11 og 12) ligger fugtindholdet omkring de 60% for nr. 1 og 11, men set for nr. 12 flader hen over dagen. Det er ikke muligt at sige hvad denne forskel skyldes.

Generelt er fugtforholdene dog acceptable men det burde være muligt at opnå et mere ensartet fugtindhold ved at øge luftskiftet og evt. justere på indblæsningsarmaturerne. Det vil sandsynligvis ikke være fordelagtigt at øge luftskiftet for at opnå en jævnere fordeling af den relative fugtighed, da det vil øge energiudgifterne til ventilation og forvarmning af luften betydeligt.

## CO<sub>2</sub> niveau

CO<sub>2</sub> niveauet bruges ofte til at vurdere luftkvaliteten i bygninger. For de fleste bygninger er CO<sub>2</sub> niveauet en god indikator – ikke fordi selve mængden af CO<sub>2</sub> er et problem, men fordi mængden er proportional med antallet af personer der i de fleste bygninger er den primære forureningskilde. Dette vil sandsynligvis også være tilfældet i et badeland da forureningen fra bassinerne også afhænger antallet af personer. Sammenhængen er dog ikke nødvendigvis så direkte som for almindelige bygninger, hvilket bør tages i betragtning ved tolkningen af resultaterne. Nedenfor at resultaterne af CO<sub>2</sub> målingerne tolket som var de foretaget i en almindelig bygning.

Generelt er de målte CO<sub>2</sub> niveauer fine. Kun i ganske korte perioder er CO<sub>2</sub> niveauet over arbejdstilsynets grænse på 1000 ppm og på intet tidspunkt er der målt CO<sub>2</sub> værdier på mere end 1200 ppm. På flere af målingerne ses en kraftig stigning omkring kl. 9-10 hvor badelandet åbner og herefter et jævnt fald hen over dagen. Dette fald kan skyldes at antallet af gæster er størst om formiddagen og falder i løbet af dagen. Dette er dog ikke så sandsynligt. Faldet kan også skyldes at andelen af udeluft i ventilationsluften øges henover dagen for at reducere luftens fugtindhold, hvilket stemmer med registreringerne fra CTS anlægget.

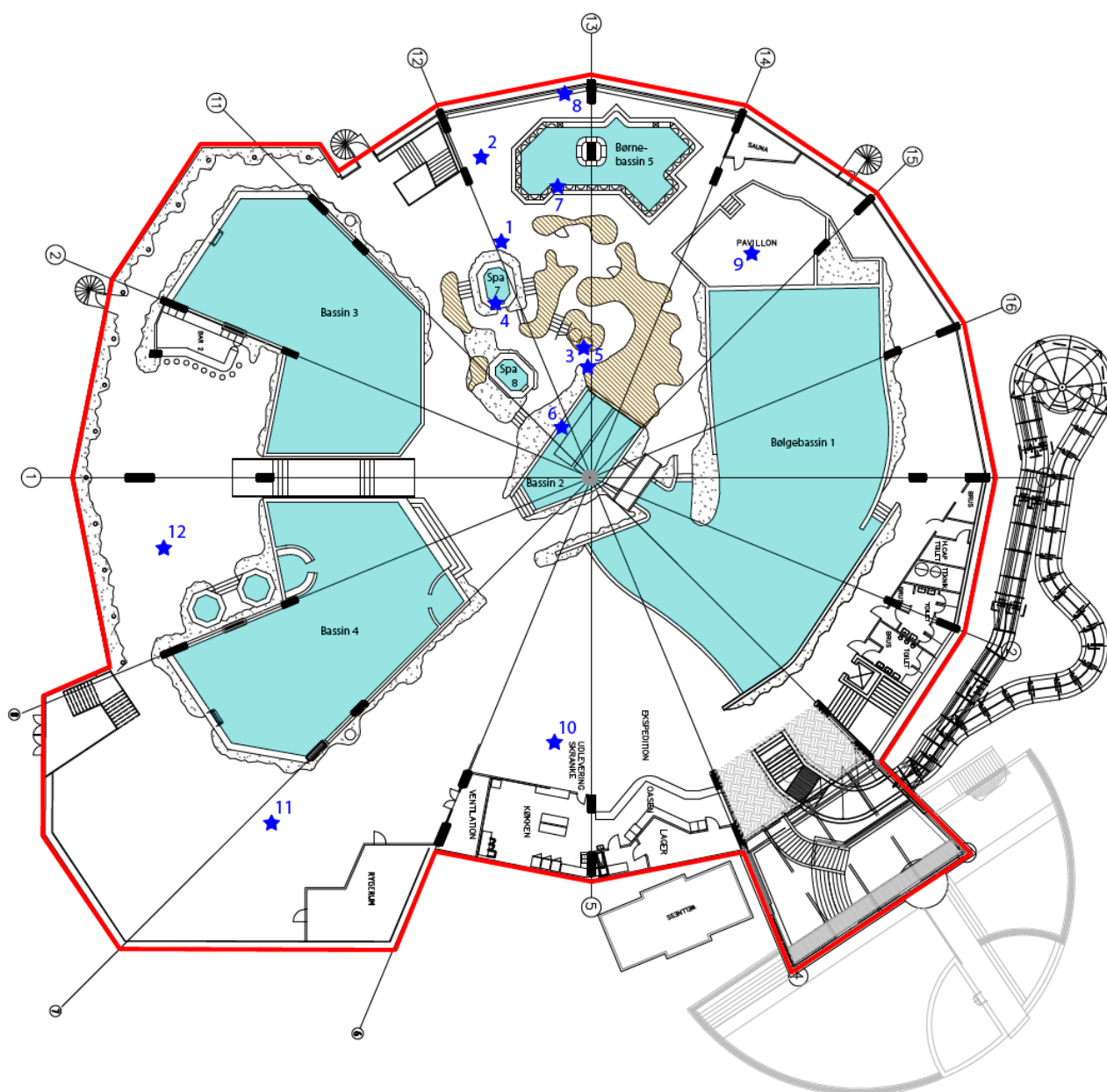
Da ventilationen ikke er styret efter CO<sub>2</sub> niveauet kan det ikke konkluderes at CO<sub>2</sub> niveauet generelt er som under måleperioden. Der vil ganske sandsynligt forekomme perioder hvor der er flere besøgende og mindre fugt i udeluften, hvilket resultere i et større behov for udeluft for at holde CO<sub>2</sub> niveauet nede, mens udeluftmængden reduceres for at holde luftfugtigheden på 60%. Tilsvarende vil der også være perioder hvor det modsatte gør sig gældende og CO<sub>2</sub> niveauet og dermed luftkvaliteten vil være bedre end under måleperioden. Det er dog sandsynligt at forureningen fra personer i et badeland inklusiv afgang fra bassinerne er kraftigere end for typiske bygninger, hvorfor der bør opereres med lavere grænseværdier end for typiske bygninger. Det ligger dog uden for dette projekt at undersøge hvorvidt dette er tilfældet.

# Sporgasmålinger

Dette kapitel indeholder en beskrivelse af sporgasmålingerne og resultaterne af disse. For præsenteres placeringen af målepunkter og dernæst gennemgås resultaterne.

## Placering af målepunkter

På figuren ses en oversigtsplan over badelandet, hvor de udvalgte steder til måling af ventilationseffektiviteten er indtegnet med blå stjerner. De præsenteres herefter.





### #1 - Indblæsning "ring"



Der måles i begge typer indblæsningsarmaturer, der forsyner zone I omkring børnebassinet. Dette gøres dels for at kontrollere målingerne og dels for at undersøge hvordan fordelingen i tilførsel af friskluft sker mellem de to typer. På billederne ses et af de mange indblæsningsarmaturer rundt langs grotten.

### #2 - Indblæsning "rand"



Den anden type armatur er placeret i den bærende konstruktion og er rettet ud mod bygningens facade.

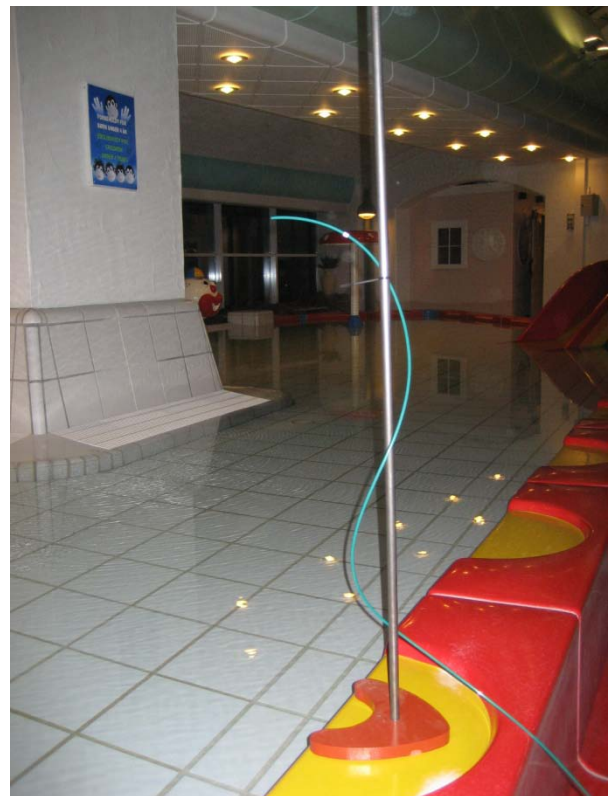


### #3 - Udsugning



Ventilationseffektiviteten for et givent punkt angives relativt til udsugningen – altså forureningskoncentrationen i punktet målt mod den koncentration, der suges ud. Der er derfor målt i den store udsugning øverst i grotten.

### #7 - Børnebassin



Bassinet ved grotten er et velbesøgt opholdsområde for familier og børn. Dette gør det interessant at måle ved bassinkanten. Der er målt i en højde, der svarer til indåndingszonen for en siddende voksen ved bassinkanten.

### #8 - Børnebassin ved vindue



Rundt om børnebassinet er der rig mulighed for at sidde ved borde eller bænke. De mange mennesker koncentreret i området, gør dette opholdsområde interessant at undersøge. Der er udvalgt en bæk til måling i indåndingszonen for en siddende voksen.

### #9 - Pavillon



I umiddelbart nærhed af børnebassinet er der mulighed for at sidde og/eller spise i pavillonen. Luftkvaliteten undersøges ved et af de mange borde.



### #5 - Udsugning ved rutschebane



Der foretages måling ved en af de mange små udsugninger langs bygningens tagkonstruktion. Det sker dels for at måle på udsugningen fra et andet system end den store udsugning og dels for at finde ventilationseffektiviteten øverst oppe under taget samt tæt ved rutschebanernes platform, hvor der er mange mennesker.

### #6 - Livredderbroen



Som en del af den fokus på indeklimaet for de ansatte på arbejdsstationerne, er det valgt at måle på livredderbroen. Der er udvalgt et sted, hvor det er sandsynligt, at der vil være aktivitet og der måles i en højde svarende til indåndingszonen for en voksen.

#### #4 - Spa ved grotten



I boblebadene er der megen aktivitet af den stillesiddende slags. Der er ofte flere mennesker samlet her og idet boblebadene samtidig er integreret i klippeformationen, er det interessant at undersøge, hvor effektivt luften udskiftes her.

#### #10 - Oasen (Zone II)



For at undersøge hvor meget af luften der strømmer fra den målte zone I til de andre 3 zoner, måles forekomsten af sporgas i disse. Ved det store opholdsområde med borde og stole foran Oasen måles der for at finde den eventuelle interaktion med anlæg 2.



### #11 - Spiseområde (ved ryge rummet)



Ved bassin 4 tæt på rygerummet måles den eventuelle interaktion med anlæg 2 og 3.

### #12 - Spiseområde ved Lagunen



I opholdsområdet ved Lagunen og de 2 øvrige boblebad måles den eventuelle interaktion med anlæg 3 og 4.

## Resultater – sporgasmåling

Ved sporgasmålingerne blev der tilsat sporgas til indblæsningsluften og koncentrationen i udsugning er så sammenlignet med koncentrationen i de punkter hvor der er målt. Ved fuld opblanding som oftest tilstræbes vil koncentrationen være den samme i hele badelandet og dermed vil ventilationsindekset være 1 for alle punkter - for udsugningen vil indekset altid være 1.

Ventilationsindekset er beregnet som udsugningskoncentrationen divideret med den lokale koncentration – dvs. at et indeks under én indikerer dårligere luftkvalitet end generelt i rummet og et indeks større en én indikerer en bedre luftkvalitet end generelt i rummet.

For målingerne udført i badelandet er det dog lidt mere kompliceret. Dels er der fire ventilationsanlæg og zoner i badelandet og dels viste det sig efter målingerne var udført at sporgassen kun var tilført den del af indblæsningen fra ventilationsanlæg 1 der ventilerede området omkring børnebassinet. På billedet nedenfor er den ring hvor sporgassen blev tilført markeret. Som det kan ses gennem den fjernede ventilations låge er sporgassen tilført lige før den ventilationskanal der leverer luft til området omkring børnebassinet.

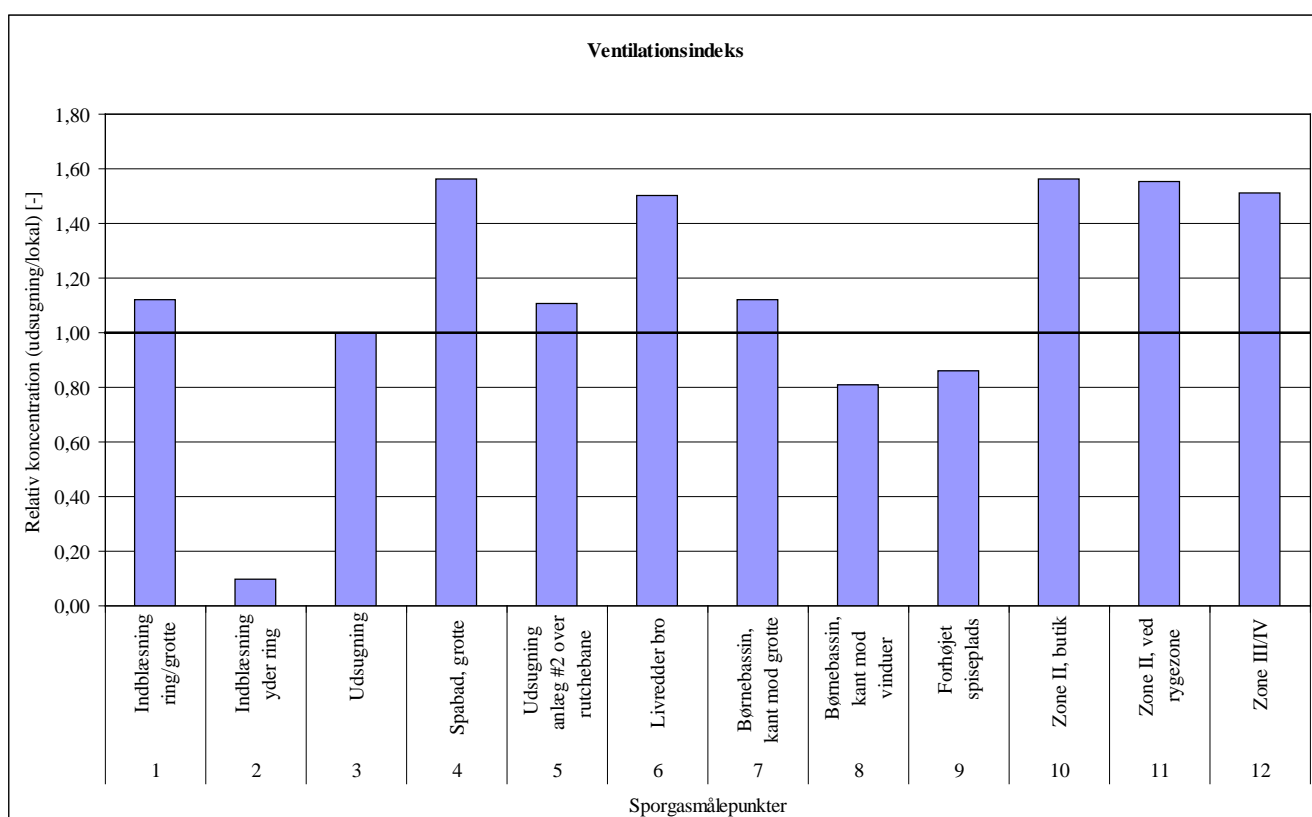


Dette kan også ses af ventilationsindeks nr. 1 og 2. Disse er begge indblæsning hvor der burde være tilsat sporgas hvilket skulle resultere i en meget lav værdi som for nr. 2. For nr. 1 er koncentrationen lavere i indblæsningen end den er i udsugning. Grunden til at koncentrationen i indblæsningen er tæt på koncentrationen i udsugningen er at luften recirkuleres.

For målingerne ved børnebassinet (punkt 8) og pavillonen (punkt 9) er indekserne under én, hvilket indikerer dårlig oplanding og dermed dårligere luftkvalitet. Men da der kun er tilsat sporgas til en mindre del af luften fra ventilationsanlæg 1 og koncentrationen i udsugningen derfor består dels af luft med høj koncentration og dels af luft med lav koncentration er det forventeligt at indekserne vil være under én. Det kan på baggrund af sporgasmålingerne derfor ikke konkluderes at luftkvaliteten ved børnebassinet og pavillonen skulle være dårligere end i resten af badelandet.

For målepunkt 7 ligeledes ved børnebassinet er indekset over én hvilket indikerer at luftkvaliteten er bedre end gennemsnitligt. Dette sammen med de ovenfor beskrevne forhold vedrørende fordelingen af sporgassen indikerer at luftkvaliteten på den ene side af børnebassinet er noget over gennemsnittet.

For de øvrige målepunkter er ventilationsindekset ganske ens (ca. 1,5). Ideelt set burde koncentrationen i disse punkter være tæt på 0, da luften skulle komme fra andre ventilationsanlæg en anlæg 1. At dette ikke er tilfældet indikerer at der sker en kraftig opblanding af luft mellem de forskellige ventilationszoner. I praksis betyder dette at en forurening i én zone hurtigt vil sprede sig til de øvrige, hvilket ikke er hensigtsmæssigt. Så længe der ikke er problemer med luftkvaliteten i zonerne er opblandingen mellem zonerne ikke noget problem.

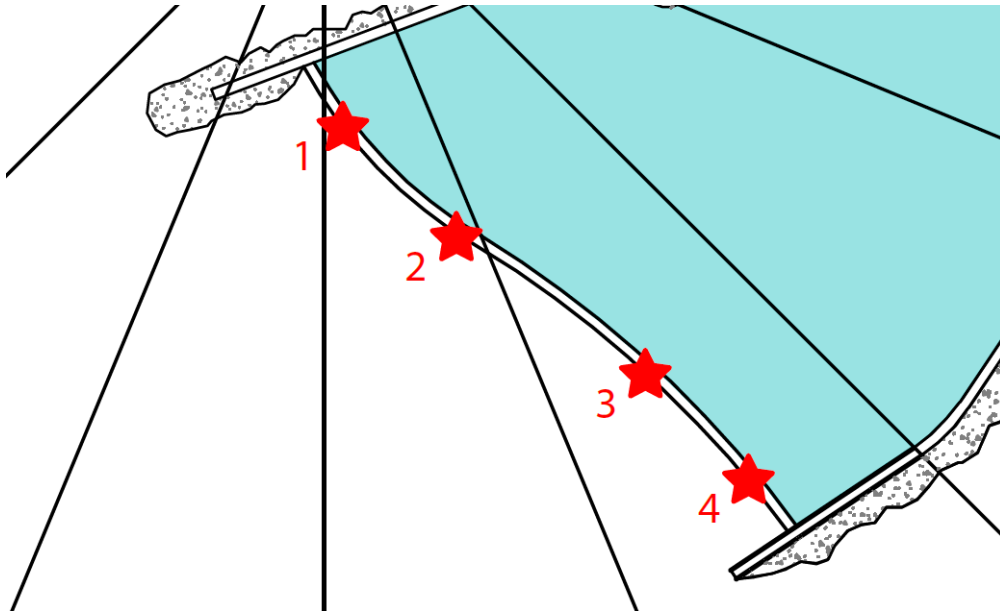






## Bølgebassin

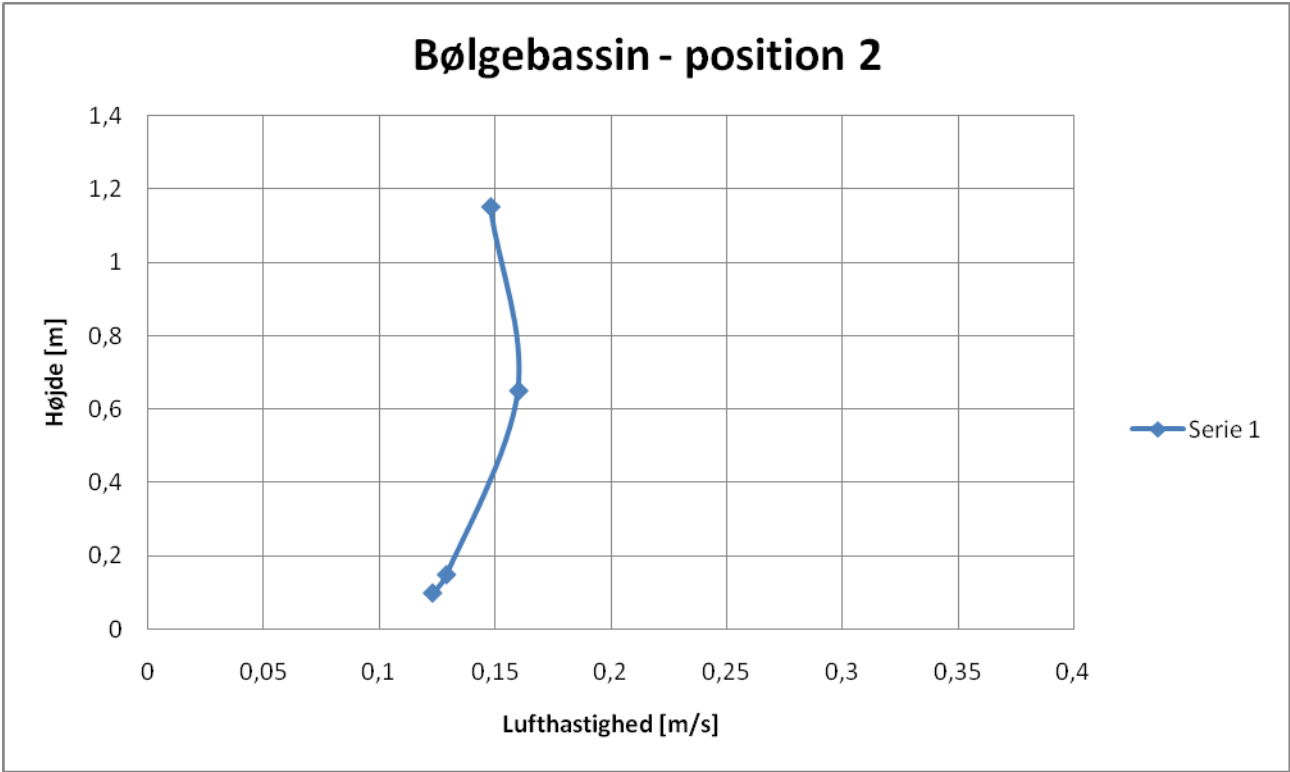
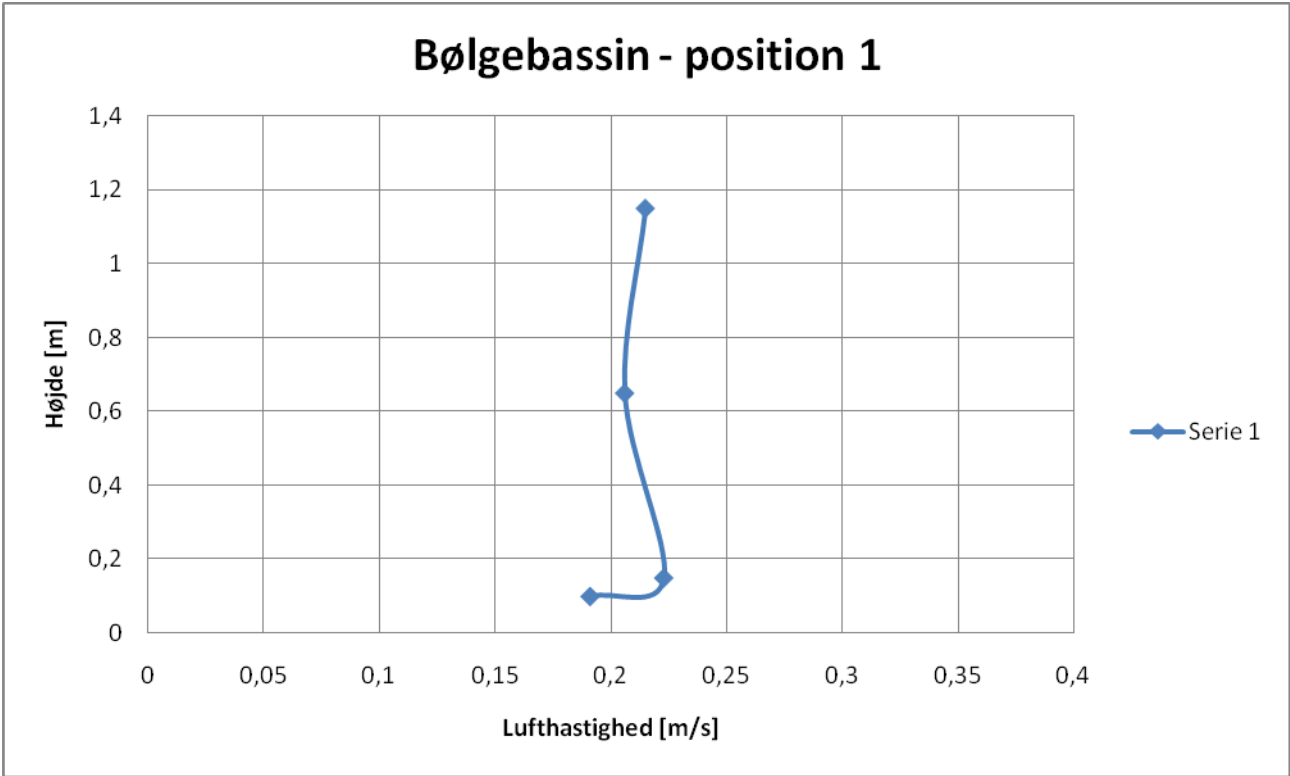
Bølgebassinet er Lalandias største bassin og et åbenlyst valg til undersøgelse af lufthastighed over vandoverfladen. På figuren er de fire målte positioner nummereret.



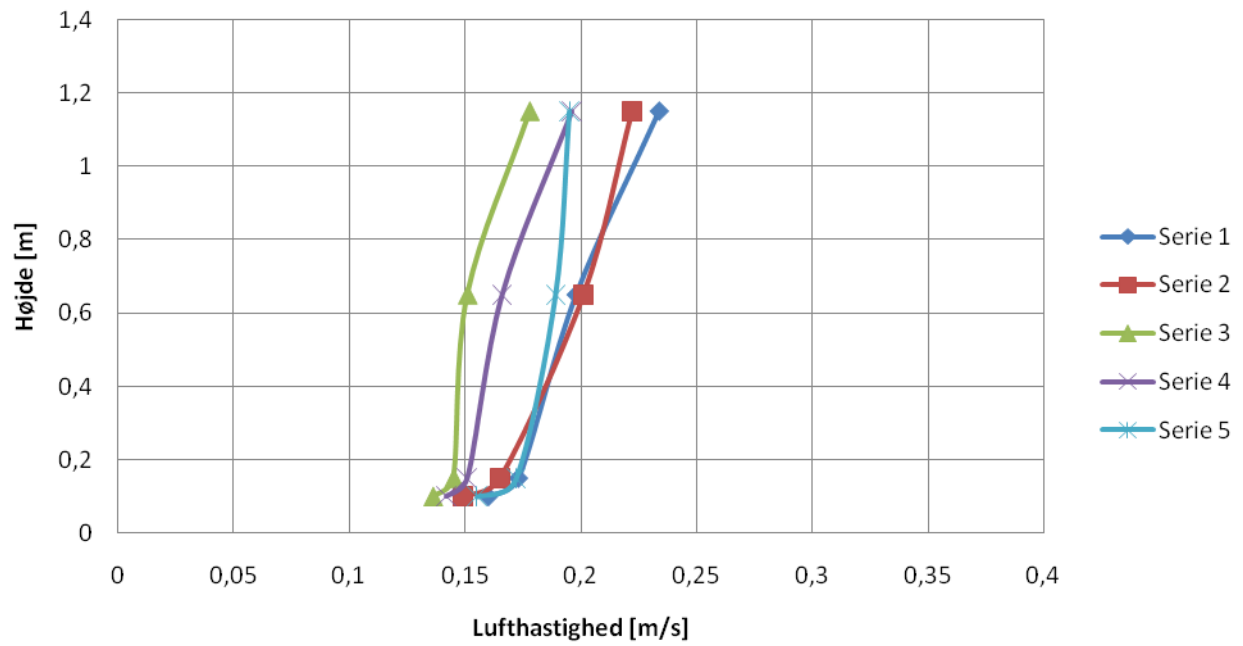
Billeder fra opstillingen:



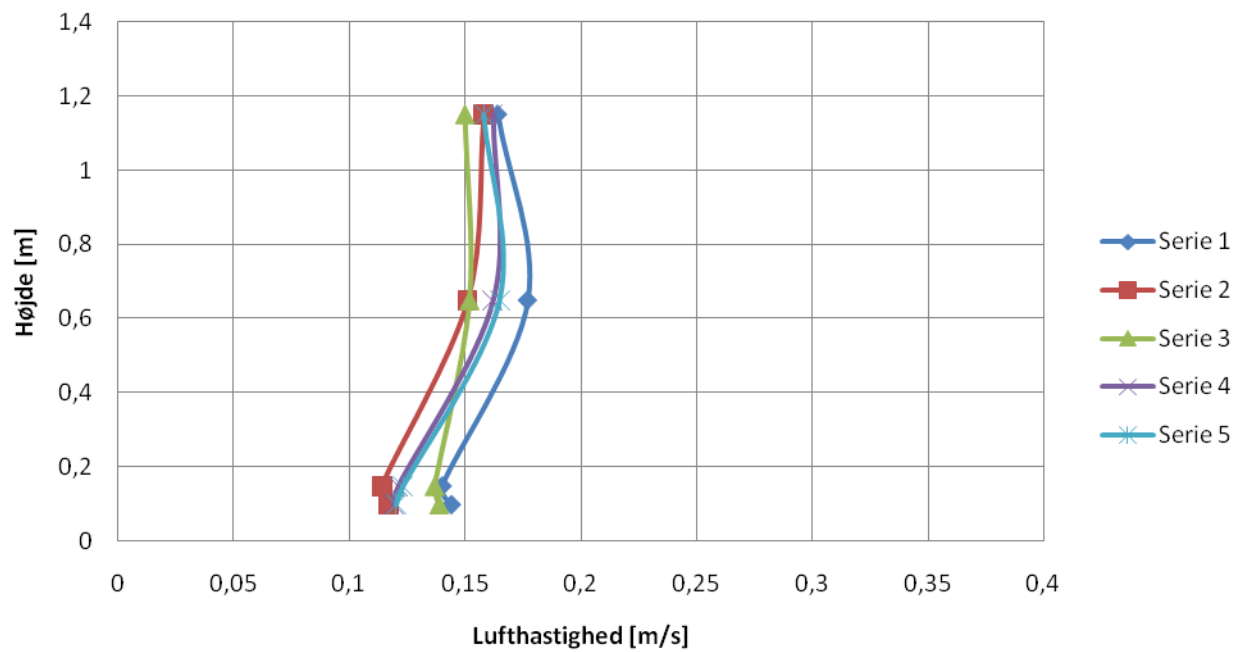
Hastighedsprofiler:



### Bølgebassin - position 3

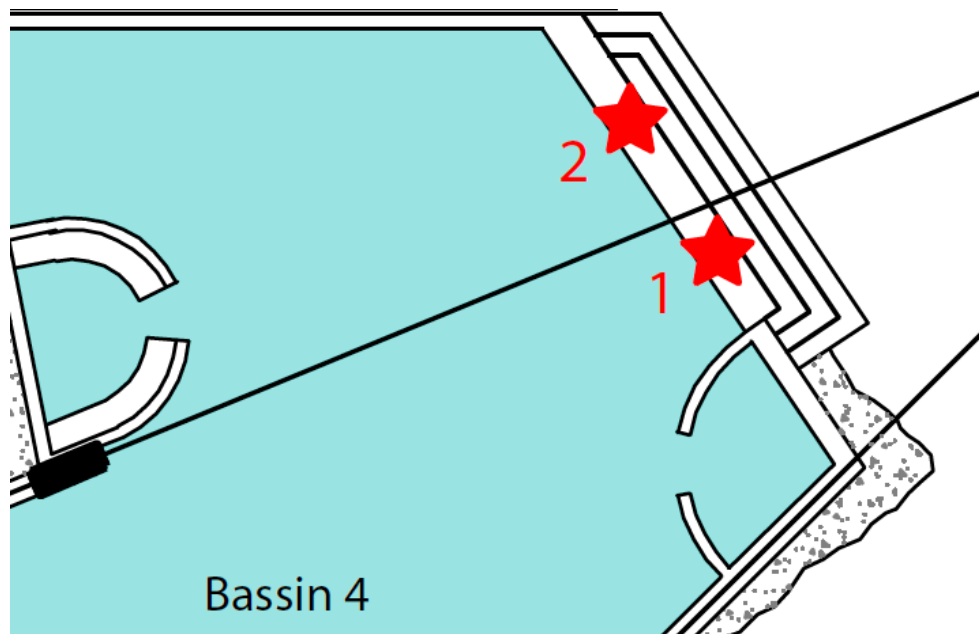


### Bølgebassin - position 4



## Bassin 4

Bassin 4 er bassinet med grotte, sten og palmer samt knap så højt til loftet. Måling af lufthastigheden er foretaget på den brede trappeopgang til bassinet, som vist på figuren.

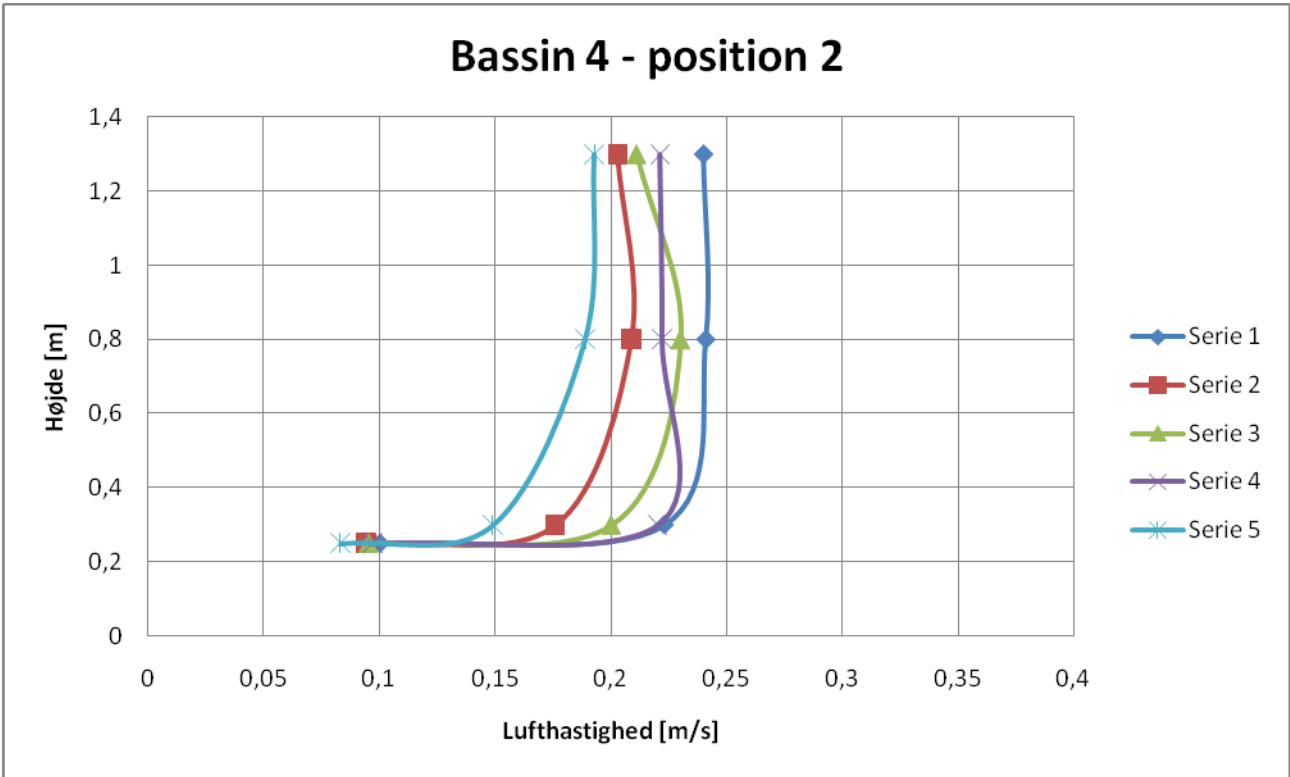
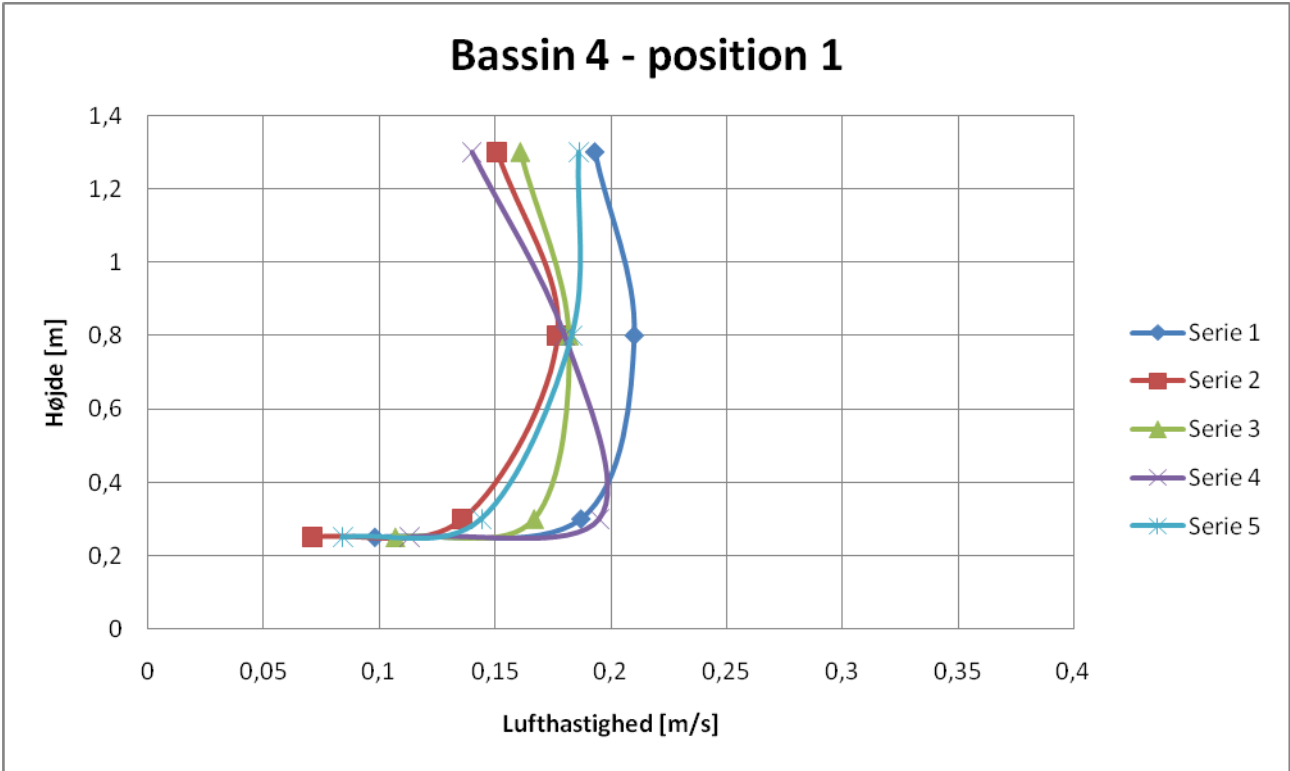


## Billeder fra opstillingen:



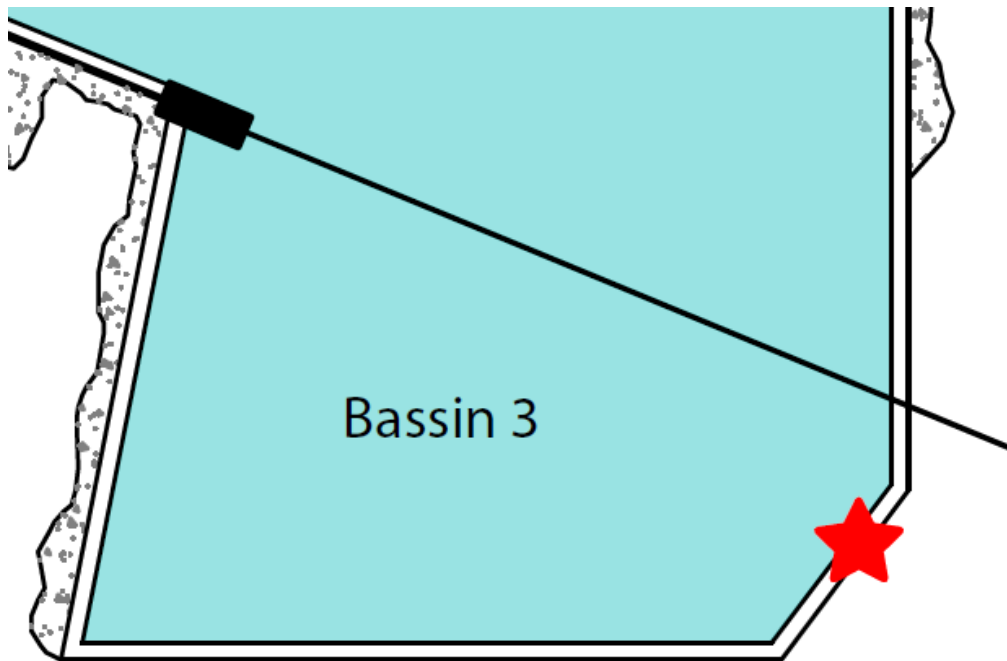


Hastighedsprofiler:



## Bassin 3

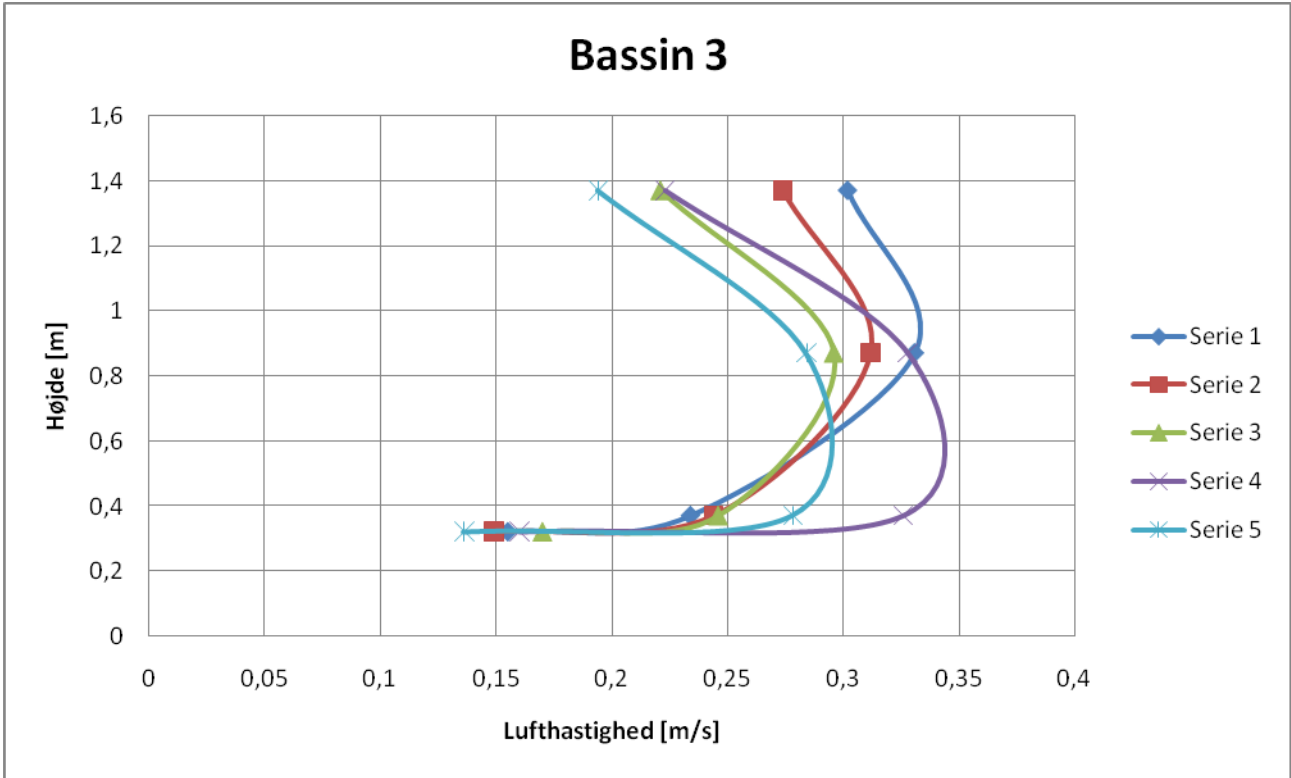
Bassin 3 minder en del om bassin 4, men området er mere åbent. Måling af lufthastigheden er tilsvarende foretaget ved opgangen til bassinet, som vist på figuren.



Billeder fra opstillingen:

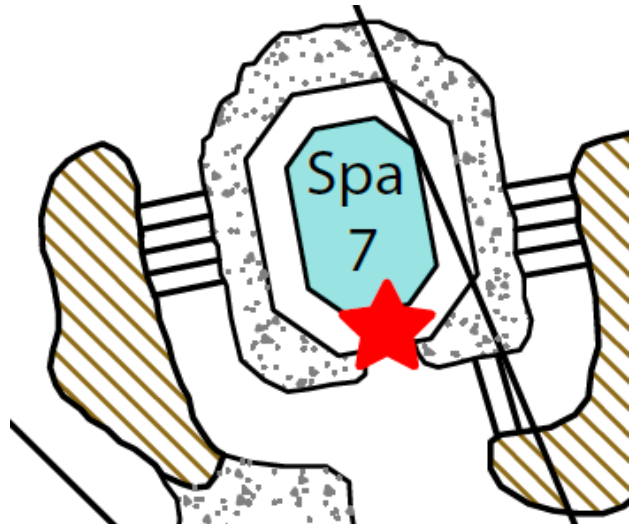
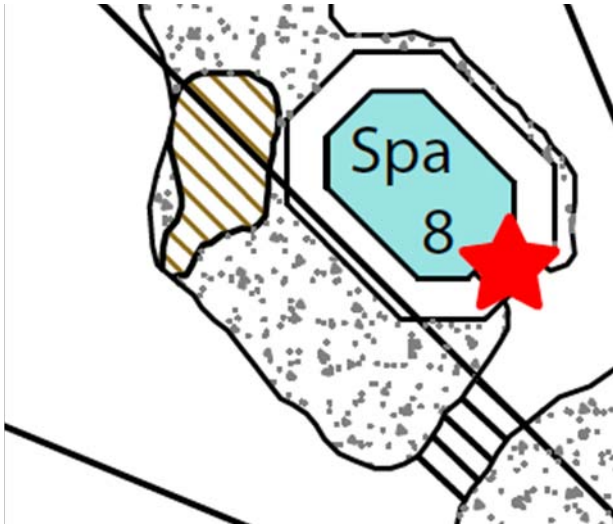


Hastighedsprofil:

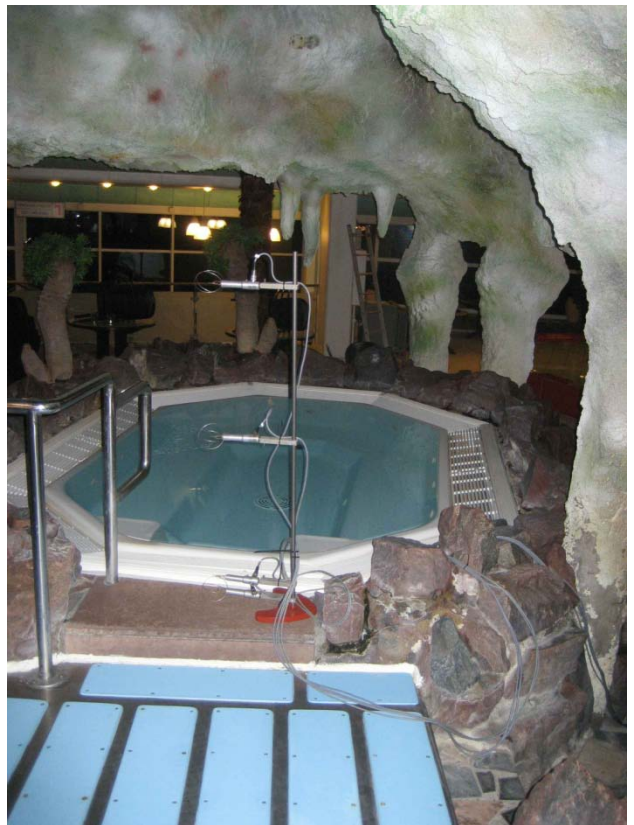


## Spa

I den store grotte ligger spa 8 og 7 placeret. Der er foretaget hastighedsmålinger ved begge indgange, som vist på figuren.

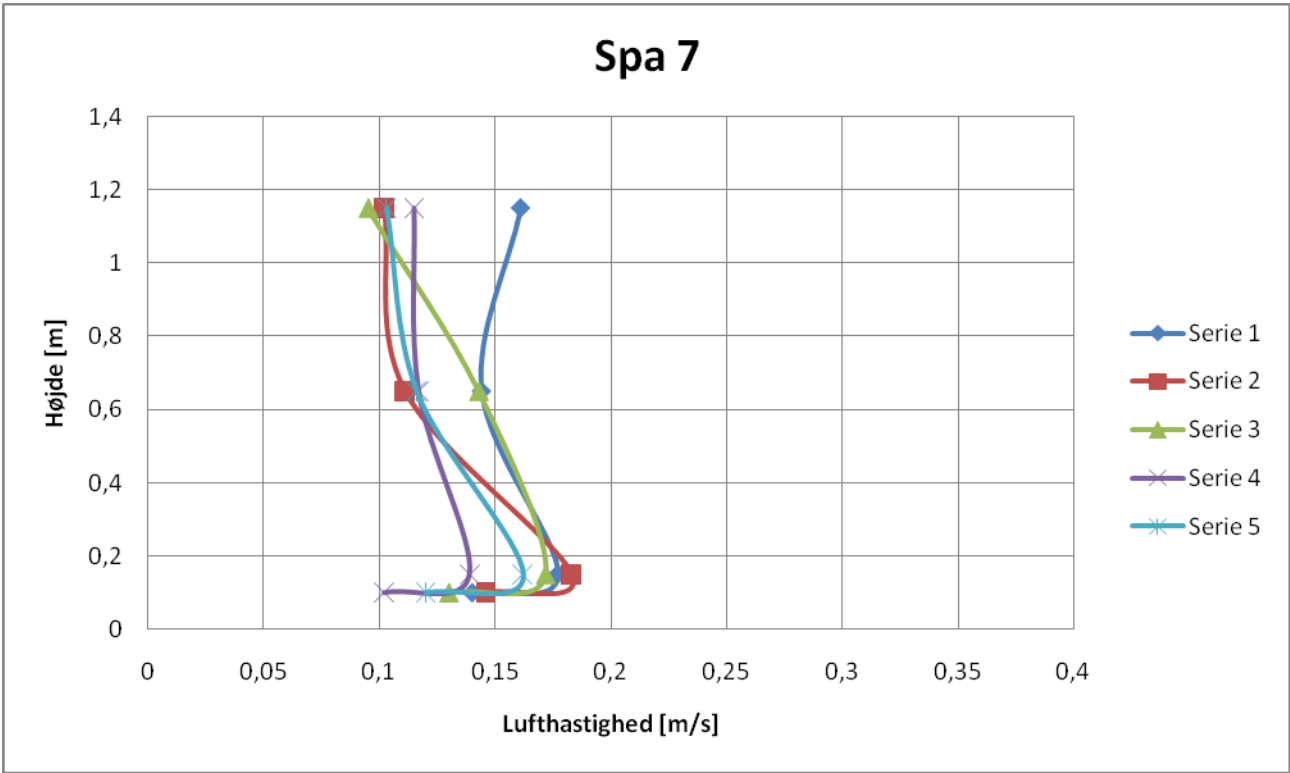
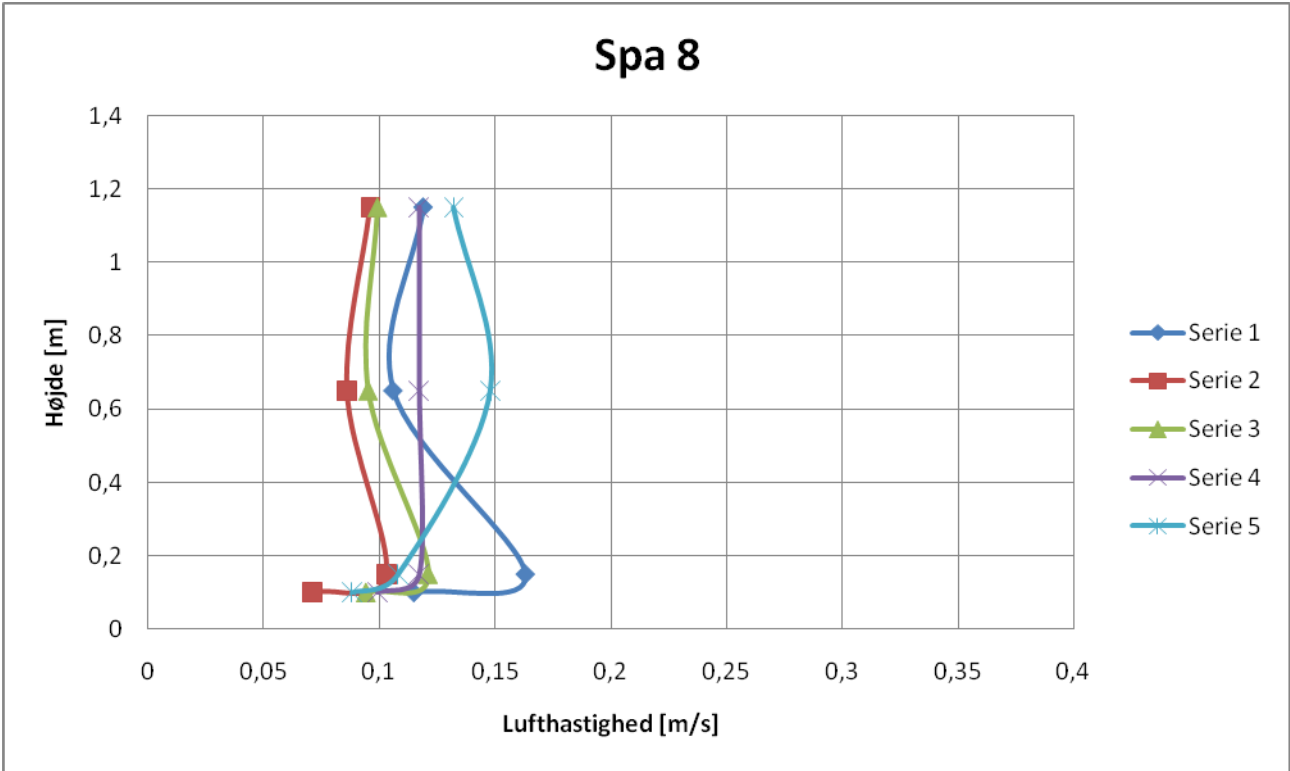


Billeder fra opstillingen:



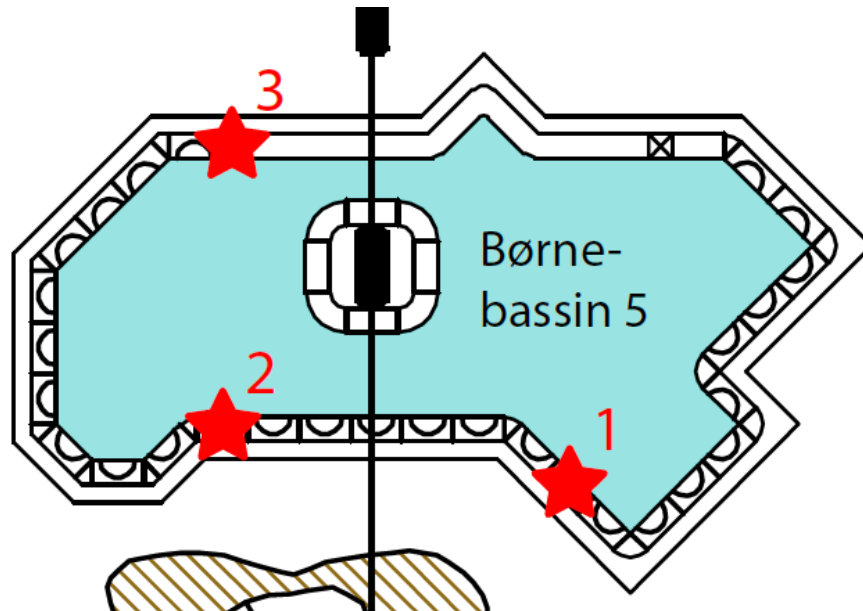


Hastighedsprofiler:



## Børnebassin

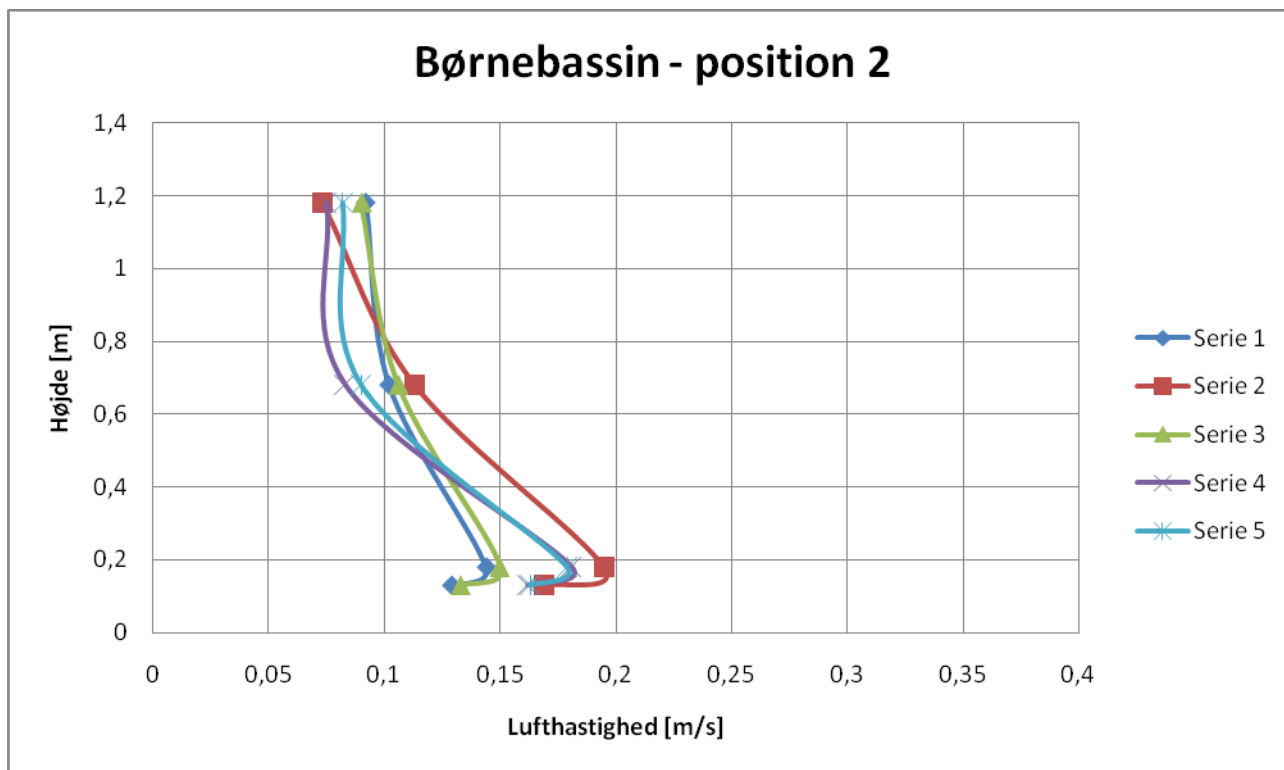
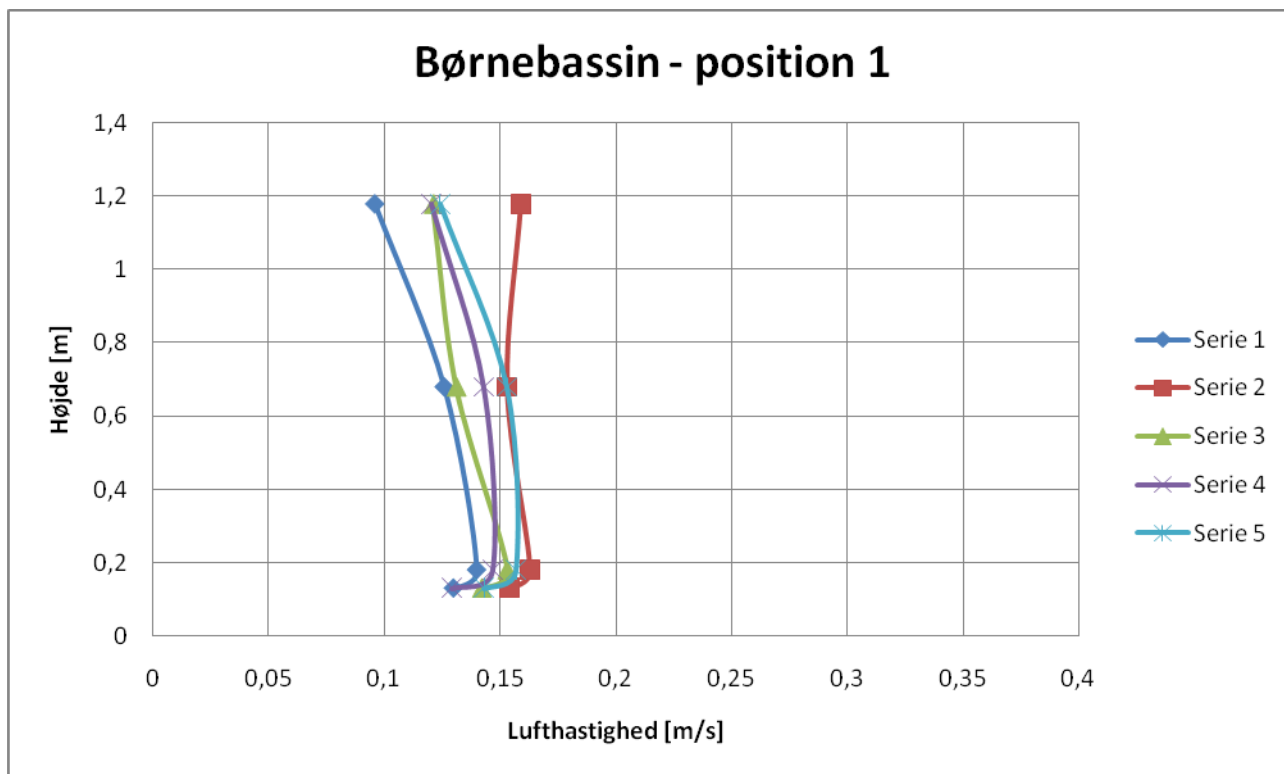
Ved børnebassinet er der målt tre steder langs kanten. Disse er vist på figuren. Målepunkt nr. 2 er placeret samme sted som hvor der blev målt sporgas og målepunkt nr. 3 er placeret så tæt på målingerne af sporgas og indeklima som muligt.



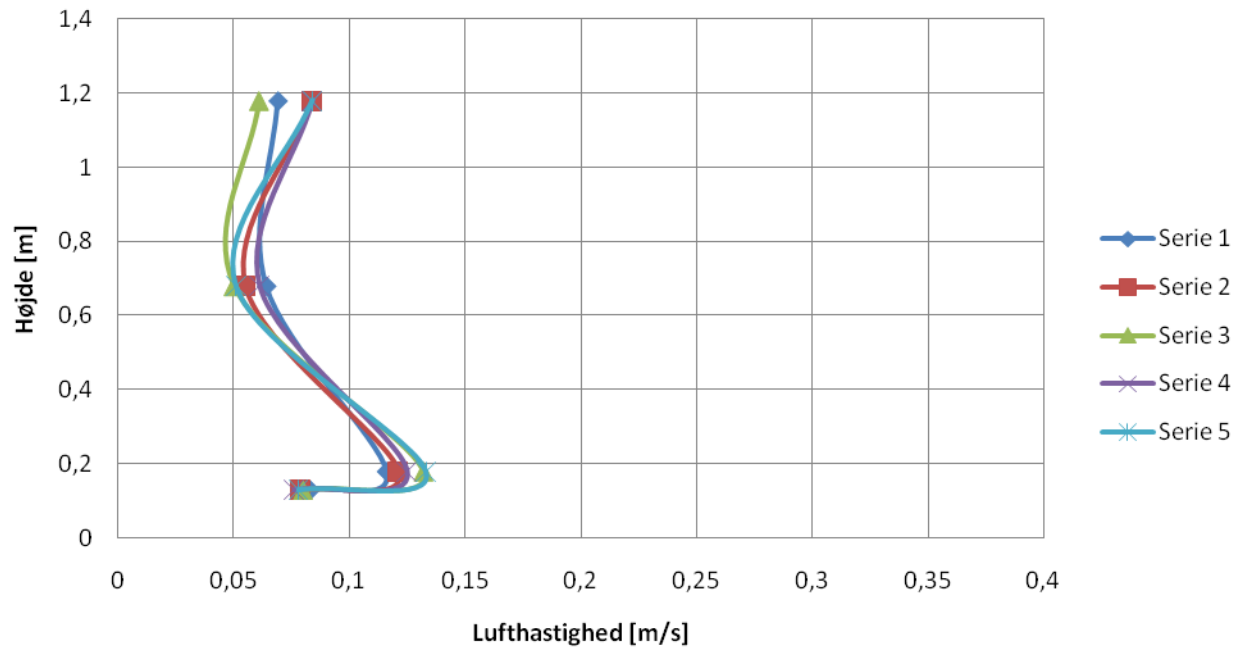
### Billeder fra opstillingen:



## Hastighedsprofiler:



### Børnebassin - position 3





## Resultater – lufthastighed

Generelt er de målte hastigheder lave. Langt de fleste ligger inden for det normale komfortinterval for at undgå træk (0 – 15 cm/s). På trods af den generelt lave hastighed vil der dog være risiko for at de badende kan opleve træk da de er mere eksponerede på grund af meget begrænset beklædning.

Den målte maksimale hastighed for de forskellige bassiner er vist i nedenstående tabel. Almindelig gang foregår typisk men en hastighed på 4 km/t svarende til ca. 1,1 m/s. Derfor vil lufthastighederne ved bassinerne i åbningstiden typisk være styret af personernes bevægelse rundt ved bassinerne.

	Maksimal hastighed [m/s]
Bassin 1	0,23
Bassin 3	0,33
Bassin 4	0,24
Bassin 5	0,19
Bassin 7	0,18
Bassin 8	0,16

For børne bassinet (nr. 5) hvor der blev målt hastigheder på begge sider af bassinet viser målingerne stort set samme hastighed og der er ingen grund til at formode at lufthastigheden over bassinet skulle være højere end langs kanten af bassinet.

Det kan derfor formodes at aktiviteterne i bassinerne ofte vil have en ret stor indflydelse på luft bevægelserne og dermed hastighederne tæt på vandet.